

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra měřicí a řídicí techniky

Měření a zpracování GSM a UMTS signálu pomocí mobilních XDA zařízení na platformě .NET Compaq Framework

Measurement and Processing of GSM a UMTS Signal by use of Mobile XDA Devics on .Net Compact Framework platform

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal a nejsou mi známy žádné okolnosti, které by mohly vést k pochybnostem o mé práci.

.....

Petr Šimkovský

Datum odevzdání bakalářské práce : 6. 5. 2011

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé bakalářské panu Ing. Ondřeji Krejcarovi, Ph.D. za veškeré cenné rady a konzultace, které mi v průběhu tvorby celé práce ochotně poskytl.

Dále chci poděkovat mé rodině za materiální a psychickou podporu při studiu na VŠB.

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je měření a zpracování GSM a UMTS signálu pomocí mobilních XDA zařízení na platformě .NET Compact Framework

Součástí řešení bylo obeznámení se s jednotlivými parametry a architekturou GSM a UMTS systémů. Dále pak seznámení se s architekturou .NET Compact Framework a s metodami pro určování pozice hledaného mobilního telefonu. Praktická část se zabývá určováním pozice hledaného mobilního telefonu na základě naměřených parametrů GSM systému a měřením úrovně signálu vysílače/přijímače BTS stanice.

Závěrem bude zhodnocení práce a shrnutí dosažených výsledků.

Klíčová slova:

GSM, UMTS, .NET Compact Framework, BTS stanice, Určení pozice, Cell ID, Timing advance, Úroveň signálu

ABSTRACT

The theme of this work is the measurement and processing of GSM and UMTS signal by mobile XDA devices on the platform NET Compact Framework

Part of the solution was acquainted with the various parameters and architecture from both the GSM and UMTS system. Furthermore, acquaintance with architecture NET Compact Framework and with the methods for determining the position of search a mobile phone. The practical part deals with determining the position of search a mobile phone based on the measured parameters of the GSM system and measuring of the level signal of the transmitter / receiver BTS station.

Finally, will be the evaluation of the work and a summary of the achieved results.

Keywords:

GSM, UMTS, .NET Compact Framework, BTS station, Determine of the position, Cell ID, Timing advance, Signal level

Obsah

1	SEZNAM TABULEK	6
2	SEZNAM OBRÁZKŮ	7
3	SEZNAM ZKRATEK	8
4	ÚVOD.....	12
5	HISTORICKÝ VÝVOJ MOBILNÍHO TELEFONU A SÍTĚ	13
5.1	Vývoj mobilního telefonu.....	13
5.2	Vývoj mobilní sítě	14
5.3	Vývoj druhé a třetí generace mobilních sítí.....	15
6	SOFTWARE A HARDWARE.....	18
6.1	Software mobilních zařízení.....	18
6.2	Hardware mobilních zařízení	21
7	SMARTPHONE A XDA.....	25
7.1	Smartphone.....	25
7.2	XDA	26
8	GSM a UMTS.....	27
8.1	GSM	27
8.1.1	SIM karta (Subscriber Identity Module)	32
8.1.2	Handover v systému GSM	33
8.2	UMTS	34
8.2.1	W-CDMA rádiové rozhraní	37
8.2.2	Handover v síti UMTS	37
9	PLATFORMA .NET COMPACT FRAMEWORK	39
9.1	Příkazy	42
10	URČENÍ POZICE MOBILNÍHO TELEFONU	45
11	APLIKACE PRO MĚŘENÍ	47
11.1	Program GSM BTS	47
11.2	Program Fieldtest Lite	48
12	MĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	50
12.1	Určení pozice mobilního telefonu pomocí jedné BTS stanice	50
12.2	Odzkoušení služby „Kde je...“ a následné ověření pomocí měření.....	54
12.3	Vliv materiálu překážky na úroveň signálu.....	62
12.4	Měření úrovně signálu BTS stanice.....	68
13	DISKUZE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	70
14	ZÁVĚR.....	72
15	SEZNAM LITERATURY.....	73
16	SEZNAM PŘÍLOH.....	77

1 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	<i>Stručný přehled jednotlivých generací a pásem</i>	17
Tabulka 2	<i>Přehled rozhraní IMT–2000</i>	17
Tabulka 3	<i>Přehled pásem využívaných v GSM síti</i>	27
Tabulka 4	<i>Verze Visual Studio</i>	40
Tabulka 5	<i>Úrovně signálu – bez překážky</i>	62
Tabulka 6	<i>Úrovně signálu – Ytong</i>	63
Tabulka 7	<i>Úrovně signálu – dřevo</i>	64
Tabulka 8	<i>Úrovně signálu – karton</i>	65
Tabulka 9	<i>Úrovně signálu – polystyren</i>	66
Tabulka 10	<i>Úrovně signálu – molitan</i>	67
Tabulka 11	<i>Úrovně signálu měřené po 100 metrech</i>	69

2 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	<i>Architektura sítě GSM</i>	28
Obrázek 2	<i>Architektura sítě UMTS</i>	35
Obrázek 3	<i>Architektura platformy.NET Compact Framework</i>	39
Obrázek 4	<i>Metoda Cell Global Identity</i>	45
Obrázek 5	<i>Metoda Cell Global Identity + Time Advance</i>	46
Obrázek 6	<i>Printscreen aplikace GSM BTS</i>	48
Obrázek 7	<i>Obrazovka 1 - parametry pro GSM síť</i>	49
Obrázek 8	<i>Obrazovka 2 - parametry pro UMTS síť + sousední buňky</i>	49
Obrázek 9	<i>Obrazovka 3 - parametry pro UMTS síť</i>	49
Obrázek 10	<i>Metoda CGI bez uvážení směrových pásem</i>	51
Obrázek 11	<i>Metoda CGI s uvážením směrových pásem</i>	52
Obrázek 12	<i>Metoda CGI + TA bez uvážení směrových pásem</i>	53
Obrázek 13	<i>Metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem</i>	54
Obrázek 14	<i>Pozice hledaného mobilního telefonu určená operátorem T-Mobile</i>	55
Obrázek 15	<i>Ověření pozice v krajině s min. osídlením pomocí www.mapy.cz</i>	56
Obrázek 16	<i>Pozice hledaného mobilního telefonu určená operátorem T-Mobile</i>	57
Obrázek 17	<i>Ověření pozice ve městě s větší hustotou sítě pomocí www.mapy.cz</i>	57
Obrázek 18	<i>Ověření pozice v krajině s minimálním osídlením pomocí měření</i>	59
Obrázek 19	<i>Ověření pozice ve městě s větší hustotou sítě pomocí měření</i>	61
Obrázek 20	<i>Anténa bez překážky</i>	62
Obrázek 21	<i>Překážka z Ytongu</i>	63
Obrázek 22	<i>Překážka ze dřeva</i>	64
Obrázek 23	<i>Překážka z kartonu</i>	65
Obrázek 24	<i>Překážka z polystyrenu</i>	66
Obrázek 25	<i>Překážka z molitanu</i>	67
Obrázek 26	<i>Měřená BTS stanice</i>	68

3 SEZNAM ZKRATEK

0G	0. generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
1G	1. generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
2G	2. generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
2.5G	2.5 generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
2.75G	2.75 generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
3G	3 generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
3GPP	The 3 rd Generation Partnership Project. Partnerský projekt třetí generace
3.5G	3.5 generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
3.7G	3.7 generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
4G	4. generace bezdrátové telefonní technologie mobilního telefonu
ADC	Administrative Centre. Administrativní centrum
AMPS	Advanced Mobile Phone Systém. Analogový standard
API	Application Programming Interface. rozhraní pro programování aplikací
ARM	Advanced RISC Machine. Architektura procesorů
AuC	Authentication Centre. Autentizační centrum
BCC	Base Station Color Code. Kód BTS barvy
BER	Bit Error Rate. Vyjadřuje četnost chyb
BSC	Base Station Controller. Řídící jednotka
BSIC	Base Station Identity. Identifikace základnové stanice
BSS	Base Station Subsystem. Subsystem základnových stanic
BTS	Base Transceiver Station. Systém základnových stanic
C-Netz	The radio Telephone Network C, Německy: Funktelefonnetz-C. Analogový standard
C1	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice
C2	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice
CBC	Cell Broadcast Centrum. Centrum pro zasílání informačních zpráv
Cell ID	Cell Identification. Identifikační číslo buňky
CGI	Cell Global Identity. Globální identifikační buňka
CLR	Common Language Runtime. poskytuje základní infrastrukturu pro Microsoft's .NET framework
CN	Core Network. Jádro sítě
COMDEX	Computer Dealers' Exhibition. Výstava výpočetní techniky
CS	Circuit Switched. Přepojování okruhů
ČR	Česká Republika
D-AMPS	Digital Advanced Mobile Phone Systém. Digitální standard
dBm	poměr výkonu v decibelech (dB)

DCS1800	Digital Cellular System operating in the 1800MHz. Digitální celulární systém pracující v 1800MHz
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications. Digitální bezšňůrová telekomunikace
DL/UL	Dowlink and uplink
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory. Elektricky mazatelná paměť.
EIR	Equipment Identity Register. Registr mobilních stanic
ETACS	Extended Total Access Communication System. Analogový standard
EULA	End-User-License-Agreement. Licence pro koncového uživatele softwaru určující, co uživatel smí a nesmí dělat
FDD	Frequency Division Duplexing. Frekvenční přístupová metoda
FDMA	Frequency Division Multiple Access. Frekvenční přístupová metoda
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications System. Budoucí veřejný pozemní mobilní telekomunikační systém
GERAN	Generic Radio Access Network. Obecná radiová přístupová síť
GPRS	General Packet Radio Service. Mobilní datová služba
GPRS CS	General Packet Radio Service CS. Kódová schémata mobilní datové služby
GPS	Global Positioning System. globální družicový polohový systém
GSM	Global System for Mobile Communications. Globální systém pro Mobilní komunikaci
HLR	Home Location Register. Domovský lokalizační registr
HTC	High Tech Computer Corporation. Tchajwanský výrobce kapesních zařízení
Chann	Absolute frequency channel number. Číslo kanálu
IBM	International Business Machines. Mezinárodní obchodní společnost
IDE	Integrated development environment. Integrované vývojové prostředí
IMEI	International Mobile Equipment Identity. Číslo přidělené výrobcem mobilnímu telefonu
IMSI	International Mobile Subscriber Identity. Unikátní číslo přidělené mobilním operátorem pro SIM kartu
IMT-2000	International Mobile Communication 2000
IrDA	Infrared Data Association. Infračervený port
ISDN	Integrated Services Digital Network. Digitální síť integrovaných služeb
ITU	International Telecommunication Union. Mezinárodní telekomunikační unie
LAC	Location Area Code. Kód oblasti
Li-ion	Lithium-iontový akumulátor
Li-Pol	Lithium polymer akumulátor
LPIN	Personal identification number. Osobní identifikační číslo pro službu „Kde je...“

MCC	Mobile Network Code. Kód země
MGW	Media Gateway. Mediální brána. Překládací zařízení nebo služba
MHz	Megahertz
MIPS	Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages. Procesor bez automaticky organizované popelíny
MNC	Mobile Network Code. Mobilní kód sítě
MS	Mobile Station. Mobilní stanice
MSC	Mobile services Switching Centre. Mobilní spínací ústředna
MSC Server	Mobile Switching Centre Server. Mobilní ústředna systému
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number. Číslo pro identifikaci SIM karty
Nci	Neighbor cell information. Informace sousedních buněk
NiMH	Nikl-metal hydridový akumulátor
NMC	Network Management Centre. Centrum managementu sítě
NMT	Nordic Mobile Telephone. Analogový standard
NodeB	Základnová stanice UMTS
NSS	Network and Switching Subsystem. Síťový a spínací subsystém
OHA	Open Handset Alliance. Uskupení výrobců mobilních telefonů
OMC	Operations and Maintenance Centre. Provozní a servisní centrum
OS	Operating systém. Operační systém
OSS	Operation and Support Subsystem. Operační a podpůrný subsystém
PC	Personal Computer. Osobní počítač
PCS1900	Personal Communications System operating in the 1900MHz. Osobní komunikační systém pracující v 1900MHz
PDA	Personal Digital Assistant. Osobní digitální pomocník
PIN	Personal Identification Number. Osobní identifikační číslo
PLMN	Public land mobile network. Veřejné pozemní mobilní sítě
PSTN	Public switched telephone network. Veřejné komutované telefonní sítě
RAM	Random-access memory. paměť s libovolným přístupem
RNC	Radio Network Controller. Řídící prvek přístupu bezdrátové sítě
RNS	Radio Network Subsystem. Rádiová síť
ROM	Read-Only Memory. Paměť, jejíž obsah nelze přepsat běžným způsobem
RSSI	Received Signal Strenght Indication; Určuje kvalitu signálu pro bezdrátová zařízení
rssiber	Hodnoty RSSI a BER
RTMS	Italsky: Radio telefono Mobile Integrato. Analogový standard
RxQual	Received signal quality. Kvalita přijatého signálu
RxLev	Received signal level in dBm. Úroveň přijímaného signálu v dBm

sci	Serving cell information. Servisní informace buňky
SGSN	Service GPRS Support Node. Servisní podpora GPRS
SIM	Subscriber Identity Module. SIM karta
SMS	Short message service. Služba krátkých textových zpráv
SS7	Signaling Systém. Zabezpečovací systém
TA	Time Advance. Časové spoždění mezi BTS stanicí a mobilním telefonem
TACS	Total Access Communication Systém. Analogový standard
TD-CDMA	Time-division Code Division Multiple Access. Časová kódovaná přístupové metoda
TDD	Time Division Duplex. Frekvenční přístupová metoda
TDMA	Time Division Multiple Access. Časová frekvenční přístupová metoda
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity. Dočasné mobilní identifikační číslo
TRX	Transmitter/Receiver Module. Vysílač/přijímač
UE	User Equipment. Uživatelská stanice
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Systém. Univerzální telekomunikační systém
USA	United States of America. Spojené státy americké
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network. Společný název pro základnové stanice NodeB a RNC
VLR	Visitor Location Register. Návštěvnický lokalizační registr
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access. Evropsko-japonský 3G standard sítě mobilních telefonů
WiFi	Wireless Fidelity. Bezdrátová síť
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access. Celosvětová interoperabilita pro mikrovlnné aplikace přístupu

4 ÚVOD

Před začátkem realizace praktické části bylo důležité seznámit se s GSM a UMTS standardy. GSM síť druhé generace je nástupcem analogových sítí první generace a je plně digitální. Díky digitalizaci sítě došlo ke snížení vysílacího výkonu, zmenšení velikosti buněk, zvýšení bezpečnosti, zavedení datových přenosů a zlepšení odolnosti sítě vůči chybám. Mezistupeň mezi druhou a třetí generací je 2.5G a 2.75G. Tyto systémy z mezigenerační kategorie však jen rozšiřují 2G standard o nové komponenty nebo služby. GSM je nejpopulárnější standard pro mobilní telefony na světě. GSM telefony používá přes miliardu lidí z více než 200 zemí.

Mobilní sítě třetí generace byly navrženy jako náhrada sítí druhé generace. V dnešní době jsou však sítě třetí generace implementovány do existujících sítí druhé generace. UMTS je standardizován skupinou telekomunikačních asociací 3GPP a splňuje požadavky Mezinárodní telekomunikační unie. U některých operátorů 3G technologie pouze rozšiřuje systémy 2G o nové služby, jako je vysokorychlostní přenos dat.

Praktická část této práce se zabývá určováním pozice na základě naměřených parametrů. Určování pozice mobilních stanic má celou řadu možných využití. Často se určování pozice mobilních stanic využívá při volání na tísňovou linku 112. V tomto případě operátoři využívají modifikovaný základní způsob určování pozice, tedy za pomoci čísla komunikující BTS s určením příslušného sektoru, navíc za použití některých doplňkových zpřesňujících geografických údajů.

Jedním z nejvíce sporných a diskutovaných využití lokalizace je vyhledávání kradených mobilních telefonů. Operátoři se k takovým službám stavějí odmítavě a nelze očekávat, že by v této otázce došlo k nějakému zásadnímu obratu. Důvodem je značná právní komplikovanost takových služeb. Pro potřeby policie sice mají mobilní operátoři povinnost provádět lokalizaci mobilních stanic, děje se tak ale bezvýhradně pouze na základě soudního příkazu.

Ryze praktickým využitím lokalizace mobilních stanic pro firemní účely je sledování polohy pracovníků v terénu. Prostřednictvím interního lokalizačního systému lze operativně plánovat a optimalizovat trasy jednotlivých vozidel např. u expedičních nebo servisních firem.

Pokud jde o naše mobilní operátory, pro běžné zákazníky nabízí pouze T-Mobile lokalizační službu s názvem „Kde je...“. Služba umožňuje určit polohu žádaného mobilního telefonu prostřednictvím SMS, Internetu, Wapu a SIM toolkitu. Služba je zabezpečena heslem a hledaná osoba má právo nepovolit lokalizaci svého mobilu. Tato služba byla využita v měření.

Další měření bylo zaměřeno na vliv materiálu překážky na úroveň signálu a poslední měření se zabývalo poklesem úrovně signálu vlivem vzdálenosti od BTS stanice.

5 HISTORICKÝ VÝVOJ MOBILNÍHO TELEFONU A SÍTĚ

Vývoji mobilního telefonu nejdříve předcházely radiotelefony nulté generace (0G). Novou éru bezdrátové komunikace odstartovaly teprve laboratoře firmy Bell, které v prosinci roku 1947 zveřejnily koncept tzv. celulárního systému pro mobilní komunikaci. Tento koncept měl být rozdělen na malé oblasti – buňky. V každé z nich by byl vysílač/přijímač. Provoz celé sítě mělo kontrolovat hlavní řídicí středisko. Různé buňky mohly využívat stejných frekvencí a telefon se při přechodu z jedné buňky do jiné přizpůsobil podle situace. Celulární síť zahájila první generaci bezdrátové technologie (1G) a postupně tak nahrazovala starší standard používaný radiotelefony (0G). [1]

5.1 Vývoj mobilního telefonu

První funkční prototyp mobilního telefonu byl zkonstruován v roce 1972 společností Motorola. Nebyla však vybudována potřebná infrastruktura, postaveny vysílací věže, a proto byl první komerční mobilní telefon představen až v roce 1983. Byla to Motorola DynaTAC 8000X, která patřila mezi telefony první generace. Telefon vážil 2 kg a měl velké rozměry. Výdrž baterie byla půl hodiny při hovoru a 8 hodin v pohotovostním režimu. Nabíjení baterie trvalo 10 hodin. Původní cena byla 3 995 \$. [2]

Mezi další výrobce mobilních telefonů první generace patřily kromě Motoroly i jiné společnosti, které se zapsaly do dějin: Nokia, Siemens, Comviq a Ericsson

Následuje stručný výpis historicky prvních mobilních telefonů od těchto společností, které se postupem času staly konkurenty firmy Motorola.

Nokia

V té době vystupovala firma pod značkou Mobira. S prvním mobilním telefonem přišla v roce 1982. Byl to telefon Mobira Senator, určený do automobilů. V roce 1986 se do prodeje dostal mobilní telefon Mobira Talkman 450, rovněž určený pro automobily. Teprve v roce 1987 vyvinula Mobira Cityman 900, který nebyl určen do automobilu. Všechny tyto telefony byly přizpůsobeny pro síť NMT. [1]

Siemens

Tato společnost vyvinula svůj první mobilní telefon v roce 1986 pod názvem C1. Byl určen pro automobily a vážil 8,8 kg. V roce 1988 byla uvedena na trh dvojice mobilních telefonů Siemens C2 a C2 Portable. Mobilní telefon Siemens C2 byl stále ještě určený do automobilů, zatímco Siemens C2 Portable byl prvním telefonem, který pro svůj provoz automobil nepotřeboval. V roce 1990 přišel Siemens C3 a Siemens C3 Portable. Z dalších telefonů využívajících síť C-Netz se do prodeje dostaly telefony Siemens C4 a Siemens C5. Společnost Siemens vyrobila mobilní telefony i pro síť NMT.

První model, který pro tuto síť vyrobila společností Siemens byl Siemens MT–407. Následovaly další modely, jako NT–901, NT–910 a NT–92. Poslední mobilní telefon vyrobený pro tuto síť byl Siemens Pocket. [1]

Comviq a Ericsson

Tyto firmy patřily mezi úspěšné švédské výrobce. Mezi jejich první mobilní telefony, které připomínaly ty dnešní, patří Comviq Conqueror a Ericsson Hotline 900 Pocket. [1]

5.2 Vývoj mobilní sítě

Telefony první generace byly založeny na analogovém přenosu hovorového signálu, který tvořilo několik odlišných sítí. Mezi nejrozšířenější standardy patřily: AMPS (Advanced Mobile Phone System), NMT (Nordic Mobile Telephone), C–Netz (The radio Telephone Network C, německy: Funktelefonnetz–C), TACS a ETACS (Total Acces Communication System), RadioCom, RTMS (italsky: Radio telefono Mobile Integrato) a Comviq. Tyto standardy se staly průkopníky v mobilních sítích. Postupem času se však frekvence, ve kterých pracovaly, přiřadily ve prospěch nových standardů, které je nahradily.

AMPS

V Evropě bylo mnoho standardů, zatímco v Americe se prosadil jediný, a to AMPS. Byl také prvním zkušebně spuštěným systémem do veřejného provozu, a to roku 1979. Teprve roku 1983 se stal komerčním. Standard AMPS pracoval v pásmu 800 MHz. Nejdříve byla síť AMPS částečně převedena na standard D–AMPS, často označovaný jako TDMA, digitální síť druhé generace. Později však byly sítě AMPS a D–AMPS vyřazeny ve prospěch sítě CDMA2000 nebo GSM. [3]

NMT

První NMT sítě byly spuštěny v roce 1981. Patřily mezi nejrozšířenější evropské standardy. Byly využívány v Nizozemí, Švýcarsku, Chorvatsku, Bosně, východní a severní Evropě. Existovaly dvě varianty: NMT–450 a NMT–900, kde číslo označuje frekvenci používaného pásma v MHz. Varianta NMT–900 se objevila až v roce 1986 a umožňovala provoz na více kanálech. Jelikož byl tento standard otevřený, podílely se na jeho rozšíření firmy Nokia a Ericsson. Velikost buňky v NMT síti byla od 2 do 30 km. V roce 2006 byl provoz sítě NMT v ČR ukončen a frekvence byla uvolněna ve prospěch systému CDMA. [4]

C–Netz

Tuto síť provozovala německá firma DeTeMobil a byla vyhrazena pouze pro Německo, Portugalsko a jižní Afriku. Byla rovněž označována jako C450, kde číslo označuje frekvenci používaného pásma v MHz. Velikost buňky v C–Netz síti byla od 2 do 20 km. C–Netz je nefunkční od roku 2000. [5]

TACS a ETACS

Jedná se o zastaralou variantu AMPS. Síť byla používána v Británii a Irsku. Dále byla využita v Japonsku pod názvem JTAC (Japanese Total Acces Communication). [6] Standardy TACS a ETACS pracovaly v pásmu 900 MHz. ETACS je verze, která obsahuje více kanálu než TACS. TACS síť byla ukončena v roce 2001, zatímco ETACS se ještě v některých částech světa používá. [1]

RadioCom

RadioCom byl francouzský standard, který pracoval v pásmu 400 MHz. Frekvence se přiřazovala dynamicky podle potřeby. V roce 2000 byla tato síť vyřazena ve prospěch sítě GSM. [8]

RTMS

RTMS byl italský standard zavedený v roce 1983. Pracoval v pásmu 450 MHz. Jeho provoz byl ukončen roku 1996. [1]

Comviq

Comviq byl švédský standard, který pracoval v pásmu 450 MHz. Byl také průkopníkem volného provozu na večery a víkendy. V roce 1991 byl standard přejmenován na Comviq GSM. [6]

Celkově se tyto analogové sítě potýkaly s nízkým zabezpečením proti odposlechu. Odposlouchávání hovorů bylo velice snadné, a mnohdy dokonce nechtěné. Dalšími problémy byly nízká kvalita přenosu, neefektivní využití přiděleného pásma a hlavně pak z důvodu neslučitelnosti systému nebyl možný mezinárodní roaming.

U sítí, které měly dobré pokrytí signálu, bylo možno po značných úpravách vysílačů využívat kromě primárního hovorového přenosu i službu SMS, faxových a datových přenosů. Tyto služby se rovněž potýkaly s problémy. Při posílání SMS v oblasti s nízkou mírou signálu docházelo k účtování nedoručené zprávy a u datových přenosů k výpadkům a chybám. Tyto problémy omezily další rozvoj sítí a začaly se vyvíjet nové digitální sítě označené jako sítě druhé generace (2G). [7]

5.3 Vývoj druhé a třetí generace mobilních sítí

Obě tyto generace se používají i v dnešní době. Jsou již plně digitální a zabezpečené proti zneužití. Mobilní telefony a sítě těchto generací přinesly velký rozmach mobilního průmyslu.

Druhá generace mobilních sítí

Vývoj sítě druhé generace (2G) začíná v roce 1982. V tomto roce Evropská komise pro poštu a telekomunikaci, která sdružovala 26 evropských telekomunikačních společností, spustila projekt Groupe Spéciale Mobile (GSM). Později se název změnil na Global System for Mobile Communications. Sdružení mělo za úkol vyvinout celoevropskou mobilní síť. Hlavním úkolem bylo zajistit, aby síť byla plně digitální a pracovala v pásmu 900 Mhz. V součinnosti s Evropou začala

i americká společnost digitalizovat mobilní síť – výsledkem byl v roce 1990 standard IS-54B. V roce 1987 byly definovány technické základy systému GSM. O dva roky později převzal kontrolu nad vývojem GSM Evropský telekomunikační institut a v roce 1990 vznikl první návrh standardu. Tento standard byl vydán v roce 1991. Ve stejném roce byla na Telekomunikačním veletrhu v Ženevě spuštěna i první zkušební GSM síť.

První komerční spuštění proběhlo okolo roku 1992. Mezi první státy patřilo Dánsko, Finsko, Německo, Portugalsko, Francie, Švédsko a Itálie. První roamingová dohoda se uskutečnila 17. června 1992 mezi finským Telecom Finland a anglickým Vodafone. Tato dohoda umožnila počátek evropské mezinárodní sítě.

Na konci roku 1993 měla síť GSM okolo milionu zákazníků a rychle se šířila dál. GSM asociace měla 70 členů ze 48 zemí. Součástí této asociace byla také australská společnost Telstra, díky které standard GSM překročil hranice Evropy. [9] [10]

Třetí generace mobilních sítí

Počátek sítě třetí generace (3G) začíná v roce 1988. Na vývoji pracovala Mezinárodní telekomunikační unie ITU (International Telecommunication Union), která vytvořila projekt IMT-2000 (International Mobile Communication 2000). Cílem projektu bylo vytvořit jednotný systém komunikace s charakteristikami jako je flexibilita, víceslužbová platforma, vysoká efektivita využití spektra a kvalita vysílání.

V roce 1999 ITU schválila pět nových rozhraní pro IMT-2000. Později byly přidány i samostatně vyvinuté standardy DECT a WiMAX. Přehled těchto rozhraní je v tabulce 2.

První komerční spuštění 3G se uskutečnilo v Japonsku roku 2001. Tuto síť s názvem Foma provozoval japonský operátor NTT DoCoMo. Tato síť využívala standard W-CDMA. Služba 3G umí zároveň přenášet hlas (telefonní hovory) i data (zprávy, e-maily, stahovaná data). Síť 3G je zároveň bezpečnější než síť 2G. Je to dáno blokovací šifrou Kasumi.

UMTS a GSM síť pracují souběžně. Právě proto byla vyvinuta mobilní zařízení, která pracují v UMTS i GSM síti a dokáží se mezi nimi podle potřeby plynule přepínat.

Síť třetí generace poskytuje tyto aplikace:

- videohovor – účastníci na sebe mohou mluvit a vidět se
- mobilní TV – sledování TV přímo v mobilu
- služby založené na pozici – poskytovatel pošle informace o počasí nebo dopravní situaci související s lokalitou, ve které se nachází účastník sítě, dále umožňuje vyhledávání firem pro danou oblast
- video na požádání – poskytovatel pošle video na telefon účastníka sítě
- telemedicína – umožňuje výměnu informací o zdravotním stavu pacienta [9]

Tab. 1: Stručný přehled jednotlivých generací a pásem

Generace	Systém	Frekvenční pásmo (MHz)
1.	AMPS	800
	NMT	450, 900
	C-Netz	450
	TACS, ETACS, JTAC	900
	RadiCom	400
	RTMS	450
	Comviq	450
2.	GSM	900, 1 800, 1 900
3.	UMTS (IMT-2 000)	2 000

Tab. 2: Přehled rozhraní IMT-2 000 [66]

IMT-2 000	Společné jméno		Místo použití
TDMA Single-Carrier (IMT-SC)	EDGE (UWC-136)		Po celém světě, s výjimkou Japonska a Jižní Koreje
CDMA Multi-Carrier (IMT-MC)	CDMA 2 000		Amerika, Asie a další
CDMA Direct Spread (IMT-DS)	UMTS	W-CDMA	Po celém světě
CDMA TDD (IMT-TC)		TD-CDMA	Evropa
		TS-SCDMA	Čína
FDMA/TDMA (IMT-FT)	DECT		Evropa, USA
IP-OFDMA			Po celém světě

6 SOFTWARE A HARDWARE

Každé mobilní zařízení se skládá ze softwaru a hardwaru. V této části práce se seznámíme s jednotlivými operačními systémy a popíšeme si hardwarovou část mobilního zařízení.

6.1 Software mobilních zařízení

Na trhu existují společnosti, které se softwarem mobilních zařízení zabývají již řadu let, ale vznikají i nové, které se těmto společnostem snaží konkurovat.

Windows Mobile

Tento mobilní operační systém byl vyvinut společností Microsoft, která má dominantní postavení především na trhu operačních systémů pro osobní počítače. Společnost Microsoft založili v roce 1975 Bill Gates a Paul Allen. Windows Mobile je určen pro mobilní zařízení, která využívají většinou procesor ARM, jako je smartphone, PDA a zařízení Portable media center. Software je založen na systému Windows CE, což je operační systém reálného času s hybridním jádrem, které využívá malou podmnožinu Win32 API. Poslední verzí Windows Mobile je verze 6.5, nyní pod názvem Windows Phone. [11] [12]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí Windows Mobile seřazen od nejstarší po nejnovější: Pocket PC 2000, Pocket PC 2002, Windows Mobile 2003, Windows Mobile 2003 SE, Windows Mobile 5.0, Windows Mobile 6, Windows Mobile 6.1, Windows Mobile 6.5, Windows Phone 7.

Na trhu jsou uvedeny tři verze systému Windows Mobile, které jsou určeny pro různá hardwarová zařízení:

- Windows Mobile Professional pro smartphone
- Windows Mobile Standard pro PDA s telefonním modulem
- Windows Mobile Classic pro PDA bez telefonního modulu [12]

Palm OS

Jedná se o operační systém určen pro PDA a komunikátory. Novější verze operačního systému byly rozšířeny o podporu smartphone. Operační systém Palm OS má příjemné grafické uživatelské rozhraní, které je navrženo pro snadné použití s dotykovou obrazovkou.

Největšími výhodami systému jsou nízké nároky na paměť, rychlost a výkon. To je dáno tím, že v jednom okamžiku může běžet jen jedna aplikace. Při přepnutí na jinou si spuštěná aplikace uloží poslední stav, takže při přepnutí zpět si uživatel ani nevšimne, že je původní aplikace opět spuštěna.

Nová verze tohoto systému už umožňuje spustit jednu až dvě aplikace jako rezidentní. Díky tomu můžeme například přehrávat mp3 na pozadí. Pro Palm OS lze stáhnout velké množství freewarových aplikací, které jsou volně dostupné na internetu. [13] [14]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí Palm OS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: Palm OS 1.0, Palm OS 2.0, Palm OS 3.0, Palm OS 4.0, Palm OS 5, Palm OS Kobalt, Palm OS Cobalt 6.1.

Symbian OS

Operační systém Symbian OS vytvořila společnost Symbian Ltd., která byla založena v roce 1998. V roce 2008 tuto společnost odkoupila firma Nokia. Software je následovníkem systému EPOC, což je operační systém vyvinutý firmou Psion pro přenosná zařízení, především pro PDA. První mobilní telefon, který využíval Symbian OS, je Ericson R380. V této době se ještě verze Symbianu označovala jako EPOC Release 5u. Nyní je software určen primárně pro telefony značky Nokia a využívá se v mobilních zařízeních smartphone. Symbian OS má velice příjemné grafické uživatelské rozhraní, běží výhradně na procesorech ARM a je systémem reálného času. V současné době vyšel Symbian OS jako open source (operační systém je s otevřeným zdrojovým kódem. Otevřenost umožňuje technickou dostupnost kódu a legální dostupnost licencí). [15] [16]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí Symbian OS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: Psion , EPOC, EPOC16, EPOC32, EPOC OS release 1–5, Symbian OS 6.0 a 6.1, Symbian OS 7.0 a 7.0s, Symbian OS 8.0, Symbian OS 8.1, Symbian OS 9, Symbian OS 9.1, Symbian OS 9.2, Symbian OS 9.3, Symbian OS 9.3, Symbian OS 9.4, Symbian OS 9.5.

Android

Je určen pro mobilní telefony smartphone a PDA. Tento software však můžeme nalézt i v navigacích a tabletech. Mobilní operační systém Android je založen na modifikované verzi linuxového jádra. První komerčně dostupný telefon, ve kterém byl spuštěn systém Android byl T-Mobile G1 známý rovněž jako HTC Dream. Software je otevřený a plně přizpůsobitelný. Díky tomu vznikají početné komunity pro psaní aplikací. Těchto aplikací je na internetu nepřeberné množství, odhaduje se až 150 000. Aplikace lze primárně stahovat z internetové stránky Android Market. Uživatelé mají možnost díky těmto stránkám procházet seznamy aplikací a rovněž si vybrat ty, které si automaticky nainstalují do svých mobilních zařízení. Android je vyvinut společností Google, která tuto platformu předala spolu se zdrojovými kódy sdružení firem Open Handset Alliance. Toto sdružení je obchodní aliance čítající 80 firem, které se snaží prosadit otevřené standardy ve světě mobilních zařízení. První dostupná verze platformy byla vydána roku 2008. Od té doby jsou veškeré součásti k dispozici pod licencí „Apache free–software and open–source licence“. [17] [18]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí Android seřazen od nejstarší verze po nejnovější: Android 1.5 (Cupcake), Android 1.6 (Donut), Android 2.0/2.1 (Eclair), Android 2.2 (Froyo), Android 2.3/2.4 (Gingerbread), Android 3.0 (Honeycomb).

IOS (Apple)

IOS byl znám před rokem 2010 jako iPhone OS. Tento operační systém byl původně určen pro iPhone. Postupem času se začal využívat i v dalších mobilních zařízeních, jako je iPod Touch, iPad a nejnovější Apple TV. Tento software byl vyvinut společností Apple Inc. a je odlehčenou verzí operačního systému Mac OS X, používaného v počítačích společnosti Apple. Uživatelské rozhraní je založeno na konceptu přímé manipulace a používá multi-touch gesta. Aplikace pro IOS je možné stáhnout přes aplikaci App Store nebo na webu. Na těchto stránkách je možné najít až 350 000 aplikací rozdělených na placené nebo freewarové. [19] [20]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí iPhone OS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: iPhone OS 1.1.5, iPhone OS 2.2.1, iPhone OS 3.1.3, iPhone OS 4.2.1, iPhone OS 4.3.

BlackBerry OS

Jedná se o operační systém určen pro mobilní zařízení, jako je smartphone nebo handheld. BlackBerry byl vyvinut firmou Reserrche In Motion (RIM). Software nabízí podporu specializovaných vstupních zařízení, konkrétně trackwheel, trackball, trackpad a dotykové obrazovky. BlackBerry je využíván především kvůli dokonalému provedení elektronické pošty. Po přijetí e-mailu je možné si ho okamžitě přečíst a reagovat na něj.

Jelikož je tento operační systém uzavřen a nejsou zpřístupněny kódy ani licence, nelze pro něj nalézt mnoho aplikací, jak tomu je například u Windows Mobile, Android apod. Software lze však automaticky aktualizovat, pokud to mobilní operátor podporuje. [21] [22]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí BlackBerry OS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: BlackBerry OS 4.2.1, BlackBerry OS 4.5.0, BlackBerry OS 4.6.0, BlackBerry OS 4.6.1, BlackBerry OS 4.7.0, BlackBerry OS 4.7.1, BlackBerry OS 5, BlackBerry OS 6, BlackBerry OS 6.1.

Bada OS

Jedná se o operační systém, který je určen pro využití v mobilních zařízeních smartphone. Bada byl vyvinut společností Samsung Electronics. Tento operační systém pro mobily je plně otevřen a pracuje na bázi Linuxu. Zatím je vyvinut jen pro dotykové přístroje. První mobil s Bada OS je Smartphone S8500 Wawe. Samsung rovněž otevřel internetový obchod, kde nabízí aplikace pro své telefony. Bada si klade za úkol dohnat platformu Google Android. [23] [24]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí Bada OS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: Bada OS 1.0, Bada OS 1.0.2, Bada OS 1.2, Bada OS 2.0.

WebOS

Nástupce mobilního operačního systému Palm OS. Tento software byl původně vyvinut společností Palm Inc. Tuto společnost však odkoupila společnost Hewlett-Packard, známa pod zkratkou HP. Palm Inc., která se tak stala dceřinou společností HP. Prvním zařízením, ve kterém byl

tento mobilní operační systém použit, byl Smartphone Palm Pre, a to roku 2009 na veletrhu spotřební elektroniky v Las Vegas. V roce 2011 uvedla společnost Hewlett-Packard řadu zařízení pracujících s operačním systémem WebOS pod svým názvem HP, což znamenalo konec značky Palm. WebOS je založen na linuxovém jádře a proprietárních komponentech. Software obsahuje příjemné grafické uživatelské rozhraní přizpůsobené pro použití s dotykovým displejem, rovněž podporuje multi-touch gesta. Nechybí zde ani podpora web 2.0 aplikací, jako jsou Twitter, Gmail, Yahoo!, LinkedIn nebo Facebook. Tyto aplikace jsou integrovány do jednoho komunikačního okna. [25] [26]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí WebOS seřazen od nejstarší verze po nejnovější: Web OS 1.0.1 až 1.4.5, Web OS 2.0.0, Web OS 2.1.0, Web OS 2.2, Web OS 3.0.

MeeGo

Tento operační systém je stále na počátku vývoje. U tohoto projektu došlo ke spojení dvou, napůl hotových, operačních systémů – Meamo a Moblin od společností Nokia a Intel – do jednoho funkčního celku. Maemo je operační systém určený pro PDA a jiná mobilní zařízení. Moblin je určen pro mobilní internetová zařízení jako je Netbook, nettops apod. Meamo i Moblin jsou postavené na Linuxu, z něhož vychází i MeeGo. MeeGo je primárně určen pro mobilní a informační zařízení. První mobilní telefony s tímto operačním systémem by měly být uvedeny v první polovině roku 2011. [27] [28]

Zde je přehled vývoje jednotlivých verzí MeeGo seřazen od nejstarší verze po nejnovější: MeeGo 1.0, MeeGo 1.1, MeeGo 1.1.1.

6.2 Hardware mobilních zařízení

Hardware představuje veškeré fyzicky existující technické vybavení mobilního telefonu, bez kterého by telefon nemohl existovat.

Základní deska

Základní deska propojuje jednotlivé součástky do fungujícího celku a poskytuje jim elektrické napájení. Dále obsahuje řadu konektorů, do kterých se připojuje další hardware, doplňky apod.

Mikrofon

Mikrofon slouží pro uskutečnění příchozích a odchozích hovorů. Přeměňuje akustický signál na elektrický. Je-li v mobilním zařízení obsažen software pro záznam zvuku, může sloužit jako diktafon.

Reproduktor

Reproduktor slouží pro uskutečnění příchozích a odchozích hovorů. Přeměňuje elektrický signál na akustický. Rovněž může posloužit pro poslech hudby apod.

Kryt

Kryt chrání vnitřní součásti mobilního telefonu před poškozením. Často slouží i k upevnění některých částí telefonu – např. klávesnice, baterie apod. Některé typy mobilních telefonů mají vyměnitelné kryty, což umožňuje výměnu krytu buď z důvodu poškození nebo změny vzhledu. Kryty jsou vyráběny z kvalitního plastu nebo kovu.

Klávesnice

U mobilních zařízení se používají 2 typy klávesnic – klasická a qwerty. Klasická klávesnice má jedno tlačítko, které obsahuje tři písmena v abecedním pořadí. Qwerty klávesnice má obdobné uspořádání písmen jako klávesnice od PC. Oproti klasické klávesnici umožňuje rychlejší psaní textu. Nevýhodou je, že zabírá mnohem více místa, což se řeší externí qwerty klávesnicí, kterou můžeme připojit k zařízení, např. přes Bluetooth.

Displej

Displej slouží k zobrazování informací – např. textu a obrazu v různé podobě. Starší telefony měly monochromatický displej. Dnes je však standardem displej barevný. Nadále existují dotykové a bezdotykové displeje.

Barevný displej dokáže zobrazovat barvy. Dnešní mobily s barevným displejem umí běžně zobrazit 65000 až 262000 barev. U displeje se můžeme setkat s těmito pojmy: jemnost displeje, pasivní a aktivní displej. Jemnost displeje znamená, z kolika čtverečků se skládá celý obraz na displeji. Čím více čtverečků, tím je obraz na displeji jemnější a působí méně „kostičkovaně“. Pasivní displej neumožňuje pohled ze všech úhlů ve stejné kvalitě jako pod úhlem kolmým. Stejnou kvalitu pohledu pod různým úhlem umožňuje aktivní displej, který bývá nejčastěji součástí u mobilů s barevným displejem. [29]

Rozlišení displeje je parametr, který udává počet bodů na displeji. První číslo udává počet bodů vedle sebe vodorovně, druhé číslo udává počet bodů svisle pod sebou. Čím větší jsou čísla u rozlišení displeje, tím více informací dokáže mobil zobrazit. [30]

V dnešní době pracují dotykové displeje mobilních telefonů se dvěma základními technologiemi. První je rezistivní, která snímá tlak na displej, a druhá kapacitní, která využívá vodivost kapacitních snímačů s elektrickým nábojem.

Baterie

Jedná se o zdroj energie mobilního telefonu. Baterie jsou různého typu, velikosti, napětí a kapacity. Jednotlivé typy využívané v mobilních telefonech jsou:

- NiMH (Nikl–metal hydridový akumulátor) – trpí tzv. paměťovým efektem, jsou těžké
- Li-ion (Lithium–iontový akumulátor) – netrpí paměťovým efektem, jsou lehké

- Li-Pol (Lithium polymer akumulátor) – nejlepší typ baterie pro mobilní telefony, netrpí paměťovým efektem, jsou nejlehčí

Infraport (IrDA)

Infraport je komunikační infračervený port, který přijímá a vysílá infračervené světlo o vlnové délce 875 nm. Jako přijímač slouží fotodiody a jako vysílače infračervené LED diody. V mobilních zařízeních se pak nachází sada, která obsahuje přijímač i vysílač. Slouží pro bezdrátové posílání souborů, kontaktů i pro hraní her pro více hráčů. Největší nevýhodou je, že zařízení musí mít na sebe namířené porty ve vzdálenosti kolem 10 cm. Proto je tato technologie nahrazována technologií Bluetooth. [31]

Bluetooth

Tato technologie slouží pro bezdrátovou komunikaci. Je založena na standardu IEEE 802.15.1. Bluetooth je rozděleno na několik verzí. V mobilních telefonech se však nejčastěji nachází verze 2.0. Podobně jako technologie IrDA umožňuje bezdrátový přenos souborů, kontaktů a hraní her pro více hráčů, ovšem bez nutnosti přímé viditelnosti a s dosahem až 10 m. Je zde i možnost připojení bezdrátového handsfree či jiného zařízení založeného na této technologii. [32]

WIFI

Slouží pro bezdrátovou komunikaci a je založena na standardu IEEE 802.11. Původně měla WIFI sloužit pro vzájemné bezdrátové propojení přenosných zařízení. S postupem času se tato technologie začala využívat i k bezdrátovému připojení do sítě internet. V dnešní době se stává nedílnou součástí tzv. „chytrých“ mobilních telefonů.

G-senzor

Toto zařízení slouží pro automatické otáčení displeje na výšku nebo na šířku podle polohy mobilního telefonu. Dále může být využíván pro další aplikace – hraní her apod.

Konektor pro externí anténu

Byl využíván u starších telefonů pro zesílení signálu. Byl umístěn na zadní straně telefonu a ve většině případů schován pod kouskem gumy. Ve venkovních prostorách pak byla umístěna anténa, ke které bylo možné připojit pomocí drátu. V dnešní době se už moc nepoužívá.

Fotoaparát

V dřívějších dobách byl k určitému modelu telefonu nabízen přídatný fotoaparát. Tento typ fotoaparátu ale zdaleka nedisponoval stejnými kvalitami jako klasický fotoaparát. V dnešní době se výrobci mobilních zařízení snaží tyto rozdíly minimalizovat. Dnešní mobilní zařízení mají již

fotoaparát zabudovaný. Dnešní standard rozlišení fotoaparátu v mobilu je 5 Mpx, ale dosahují i mnohem většího rozlišení. Některé modely mohou mít aktivní závěrku, xenonový nebo diodový blesk apod. Výbava a rozlišení fotoaparátu vždy záleží na značce a modelu telefonu, který si pořídíte.

GPS

GPS je zkratka pro Global Positioning System. Některá mobilní zařízení mohou mít vestavěn GPS přijímač a jiné mohou spolupracovat s externím GPS modulem pomocí rozhraní Bluetooth. GPS v mobilních zařízeních slouží zejména k určení polohy a k navigaci.

Trackball

Jedná se o vstupní polohovací zařízení podobné myši. Zde je kulička usazena v podložce, ve které jsou umístěny senzory pro detekci rotace kuličky kolem dvou os. Pomocí tohoto vstupního zařízení lze pohodlně ovládat mobilní zařízení. [33]

Trackpad

Trackpad bývá často označován jako Touchpad. Jedná se o vstupní polohovací zařízení. Rozdíl je v tom, že je zde místo kuličky speciální povrch, který reaguje na pohyb prstu. [67]

Paměťová karta

Paměťová karta rozšiřuje vnitřní paměť mobilního telefonu. Slouží pro ukládání jakýchkoliv dat (fotky, mp3, hry apod.). Obvykle je založena na paměti flash EEPROM. Používají se SD, miniSD a microSD karty, dle slotu mobilního zařízení. Dnešní standard kapacity je v Gb.

7 SMARTPHONE A XDA

Zde se seznámíme se zařízením smartphone (tzv. „chytrý telefon“) a se zařízením XDA, které jsou již v dnešní době nepostradatelnou součástí mnoha mobilních telefonů.

7.1 *Smartphone*

Smartphone je mobilní telefon, který nabízí pokročilé funkce. U těchto telefonů postupem času slovo „pokročilé“ ztrácí význam. Mobilní telefon stále zastarává a je nahrazován telefony nové generace s pokročilejšími funkcemi a takto to jde stále dokola. [34]

První koncept smartphone byl navržen firmou IBM a představen roku 1992 na počítačovém veletrhu COMDEX. Tento smartphone nesl označení IBM Simon. Na trh se dostal až roku 1993, původní cena byla 899 \$. Tato cena však plně odpovídala funkcím, které nabízel. IBM Simon totiž skloubil funkce mobilního telefonu, pageru, PDA a faxu do jednoho zařízení. Obsahoval aplikace, jako je adresář, světové hodiny, kalendář, kalkulačka, hry, e-mail a poznámkový blok. Neobsahoval žádné tlačítko na ovládání, jelikož měl dotykovou obrazovku. Tato obrazovka se ovládala prstem nebo stylusem. [35]

Mezi nejdůležitější charakteristické znaky smartphonu patří aplikační rozhraní, které umožňuje úpravy a instalaci programů. Uživatel si tak může instalovat aplikace, které mu nejvíce vyhovují.

Výrobce telefonu určuje, který operační systém použije pro své zařízení. U smartphonu se můžeme setkat s těmito operačními systémy: Symbian OS, Windows Mobile/Phone, iOS, Aneroid, PalmOS, BlackBerry OS, Bada OS, WebOS, Merto.

Tyto mobilní operační systémy umožňují instalovat spoustu zajímavých aplikací, které rozšíří funkčnost mobilního zařízení. Nejvíce aplikací je pro mobilní operační systémy, jež mají otevřený zdrojový kód. Díky tomu se objevují různá společenstva programátorů, která vytvářejí aplikace pro daný mobilní operační systém a publikují je na internetu buď zdarma, nebo za poplatek.

Mezi hlavní výrobce chytrých telefonů patří taiwanská společnost HTC Corporation. Tato společnost byla založena roku 1997. Původně byla zaměřena na výrobu přenosných počítačů. Později však tato firma začala vyrábět značková zařízení pro nejznámější mobilní operátory na trhu, jako jsou T-Mobile, O2, Vodafone, Orange apod. Vytvořila si tak partnerské vztahy s klíčovými mobilními operátory a stala se nejrychleji rostoucí společností v oblasti mobilních technologií na trhu. Od roku 2006 se tato společnost vydala na trh sama s novými modely pod značkou HTC, které jsou dnes rozšířené po celém světě. Dalšími výrobci jsou: Siemens, Nokia, Motorola, Apple atd. Mezi základní nevýhody smartphone patří cena, rozměry, výdrž baterie. [34]

Stručný výpis aplikací využívaných ve smartphone:

- kvalitní e–mailový klient
- mobilní verze kancelářského balíku Office
- kvalitní internetový prohlížeč
- souborový manažer
- multimediální přehrávač
- možnosti uzpůsobení (personalizace)
- podpora paměťových karet
- podpora JAVA her a JAVA aplikací
- jednoduchá synchronizace s počítačem, která je v dnešní době často provedena formou internetu (velmi důležitá) [34]

7.2 XDA

XDA zařízení je moderní komunikátor a PDA s telefonem v jednom. XDA zařízení spadá do kategorie smartphone. Písmeno „X“ znázorňuje konvergenci hlasu a informace/data v rámci jednoho produktu, zatímco „DA“ je zkratka pro Digital Assistant – podobně jako u PDA zařízení. Často se můžeme setkat s označením O2 XDA zařízení. Toto zařízení pak prodává výhradně O2. XDA pracuje s operačním systémem Windows Mobile. Hlavním výrobcem XDA zařízení je taiwanská firma HTC, dále pak Quanta a Erima. XDA zařízení je v podstatě MDA zařízení. MDA zařízení je rovněž moderní komunikátor a PDA s telefonem v jednom. Písmeno „M“ znázorňuje Mobile a „DA“ jako u XDA a PDA Digital Assistant. Můžeme se také setkat s označením T–Mobile MDA. Toto zařízení prodává výhradně T–Mobile. [36]

XDA zařízení se vyznačuje tímto hardwarem:

- barevný LCD displej – většinou dotykový
- procesor – starší modely mají okolo 200 až 500 Mhz, novější modely více
- paměť RAM – je závislá na zdroji energie, při přerušení napětí jsou všechna data ztracena
- paměť ROM – není závislá na zdroji energie, slouží jako bezpečné úložiště dat
- slot pro MiniSD kartu nebo MicroSD kartu – slouží jako rozšíření externí paměti
- integrovaný GSM/GPRS nebo UMTS modul

8 GSM a UMTS

Globální systém pro mobilní komunikaci, zkráceně GSM, je nejrozšířenější standard pro mobilní telefony na světě. GSM telefony používá okolo 1,5 miliardy lidí z více než 212 zemí. UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systém) je jedním z třetí generace (3G) mobilních telekomunikačních technologií. Tento standard je rovněž vyvíjen pro technologii 4G. [37]

8.1 GSM

GSM síť druhé generace je oproti analogovým sítím první generace plně digitální. Díky digitalizaci sítě došlo ke snížení vysílacího výkonu, zmenšení velikosti buněk, zvýšení bezpečnosti, zavedení datových přenosů a zlepšení odolnosti sítě vůči chybám. Mezistupeň mezi druhou a třetí generací je 2.5G a 2.75G. Tyto systémy z mezigenerační kategorie však jen rozšiřují 2G standard o nové komponenty nebo služby. [37]

GSM pásma

GSM síť funguje na několika rádiových frekvencích. V Evropě jsou vyhrazena pásma 900 MHz a 1 800 MHz, zatímco v USA a Kanadě je to 850 MHz a 1 900 MHz. Pásmo GSM-900 MHz se dělí do 4 skupin:

1. P-GSM – označované jako primární nebo standardní
2. E-GSM – rozšíření primárního pásma
3. R-GSM – zahrnuje primární a rozšířené pásmo
4. T-GSM – TETRA GSM [38]

Tab. 3: Přehled pásem využívaných v GSM síti [38]

Systém	pásmo	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Počet kanálů
GSM-850	850	824 – 849	869 – 894	123
P-GSM-900	900	890 – 915	935 – 960	124
E-GSM-900	900	880 – 915	925 – 960	174
R-GSM-900	900	876 – 915	921 – 960	194
T-GSM-900	900	870 – 876	915 – 921	dynamický
GSM-1800	1 800	1 710 – 1 785	1 805 – 1 880	374
GSM-1900	1 900	1 850 – 1 910	1 930 – 1 990	298

Rozdělení buněk v GSM

Území pokryté signálem se rozděluje na vzájemně se překrývající buňky. Mobilní zařízení se pak přihlašuje do sítě pomocí nejbližší buňky. Tyto buňky jsou různě veliké. Jsou to:

1. **Velké buňky** (Macrocell) – Poskytují největší oblast pokrytí v rámci mobilní sítě. Poloměr pokryté oblasti bývá od 10 do 35 km. Antény jsou umístěny většinou na stožárech, budovách a dalších místech, která převyšují okolní zástavby a mají jasný výhled do terénu. Výkon těchto základnových stanic bývá desítky wattů.

2. **Mikro buňky** (Microcell) – Rozsah těchto buněk je z pravidla menší než 2 km. Využívají se na vykrytí problematických míst, jako je metro, hotel, nákupní centrum, a v jiných uzavřených nebo venkovních prostorách.

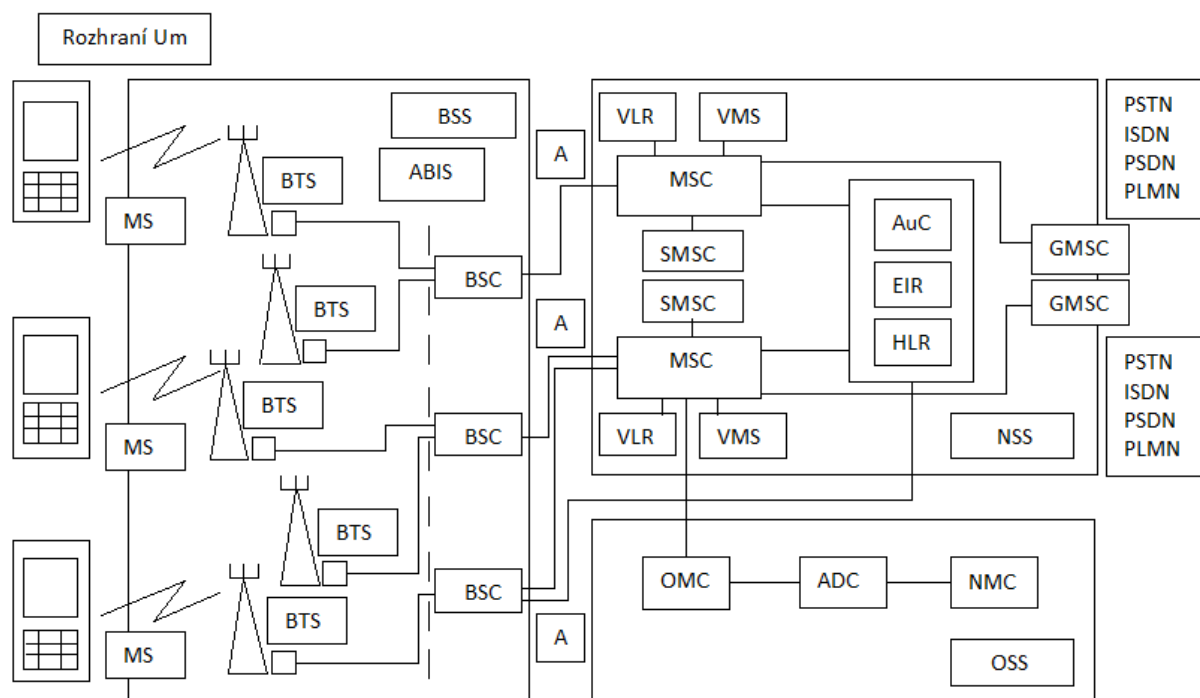
3. **Piko buňky** (Picocell) – Používají se uvnitř budov, kde nepronikne venkovní signál, a v místech s vysokou koncentrací osob. Mívají dosah okolo 200 m.

4. **Domácí buňky** (Femtocell) – Jsou malé základové stanice, které se využívají v domácnostech nebo v malých firmách. Slouží pro zlepšení pokrytí signálem i pro zvýšení kapacity hovorů či datových přenosů. Dosah těchto základnových stanic je okolo 10 m. [41]

5. **Deštníkové buňky** (Umbrella cell) – Používají se na pokrytí mezer mezi buňkami, zejména mezi mikro a piko buňkami. [39] [40]

Architektura sítě GSM

GSM síť se rozděluje do tří subsystémů. Rozdělení je schématicky znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 1: Architektura sítě GSM [39]

1. BSS (Base Station Subsystem)

Tento subsystém přímo komunikuje s mobilními stanicemi přes rádiové rozhraní Um. BSS je sestaven z určitého počtu základnových stanic BTS a řídicích jednotek BSC. Subsystém základnových stanic provádí přidělování rádiových kanálů mobilním zařízením, překódování hovorových signálů a mnoho dalších úkolů patřících k rádiové síti. [40]

Subsystém základnových stanic se skládá z následujících částí: BTS (Base Transceiver Subsystem), BSC (Base Station Controller), MS (Mobilní stanice).

A) BTS (Base Transceiver Station)

BTS tvoří vysílač a přijímač rádiových signálů. V městských oblastech bývá zpravidla více BTS stanic než v oblastech s menším osídlením. Je to dáno vytížeností sítě v těchto oblastech. BTS stanice mohou být umístěny na stožárech, vodojemech, rozhlednách, panelových domech a dalších místech. Těchto míst je nepřeberné množství a někdy jsou maskované tak, že je ani na první pohled nezaregistrujete. Využívá-li BTS stanice směrových pásem, kdy každá vyzařuje do jiného směru, je možnost tyto základnové stanice rozdělit do sektorů. Podle počtu směrových antén se určuje vysílací úhel. Základnové stanice nejčastěji obsahují tři směrové přijímače/vysílače s vysílacím úhlem 120°. Rozdělení do sektorů zvyšuje provozní kapacitu základnové stanice. [40] [42]

B) BSC (Base Station Controller)

BSC je řídicí jednotka, která vykonává některé spojovací funkce, reguluje výkon, řídí rádiové spojení, handover (předávání hovoru mezi buňkami) a šifrování/dešifrování signálu. Klíčová úloha BSC je koncentrování mnoha nízkokapacitních spojení od BTS a jejich přeposílání v nižším počtu MSC. BSC může ovládat desítky až stovky BTS stanic a komunikuje s nimi přes rozhraní Abis. BSC jsou často umístěny co nejbližší jejich BTS stanicím a jsou napojeny do větších centralizovaných MSC míst. [39] [42]

C) MS (Mobilní stanice)

Mobilní stanice je jakékoliv mobilní zařízení, které je schopno komunikovat v rámci sítě GSM. MS tvoří samostatnou skupinu a do jednotlivých subsystémů se neuvádí. Mobilní zařízení jsou identifikována v síti GSM pomocí identifikačního čísla IMEI (International Mobile Equipment). Nedílnou součástí mobilních zařízení je SIM karta (Subscriber Identity Modul), pomocí níž může mobilní zařízení správně komunikovat se sítí. V dnešní době jsou vyráběny telefony, které podporují až dvě SIM karty. Jsou označovány jako Dual SIM telefony. Existují dva typy, první umožňuje se mezi jednotlivými SIM kartami přepínat a druhý umožňuje mít obě SIM karty aktivní zároveň. Není-li tato SIM karta v mobilním zařízení obsažena, poskytuje zařízení jen tísňové volání. Každá SIM karta obsahuje jedinečné identifikační číslo IMSI (International Mobile Subscriber Identity). [42]

2. NSS (Network and Switching Subsystem)

Síťový a spínací subsystém plní funkci ústředny, kterou lze přirovnat ke klasické telefonní ústředně využívané u pevných linek. Slouží k řízení komunikace mezi mobilními účastníky GSM sítě a veřejnou telefonní sítí PSTN (Public Switched Telephone Network), ISDN (Integrated Services Digital Network), PSDN (Public Switched Data Network) a PLMN (Public Land Mobile Network). Dále shromažďuje informace o všech registrovaných účastnících a sleduje jejich pohyb. [39]

Síťový a spínací subsystém se skládá z následujících částí: MSC (Mobile services Switching Centre), HLR (Home Location Register), VLR (Visitor Location Register), AuC (Authentication Centre), EIR (Equipment Identity Register).

A) MSC (Mobile services Switching Centre)

MSC je mobilní spínací ústředna, která pracuje podobně jako klasická ústředna v pevné síti. MSC komunikuje s BSC pomocí rozhraní A. Obsahuje-li tranzitní ústřednu GMSC, může sestavovat jednotlivá spojení v rámci mobilní sítě i směrem do ostatních sítí. Kromě přepínání hovorů zabezpečuje MSC také nastavování, směrování, řízení a ukončování hovorů, doplňkové funkce, přechod na jinou MSC a ukládá informace o hovorech. [39] [42]

B) HLR (Home Location Register)

HLR je v překladu domovský lokalizační registr. Jedná se o nejdůležitější a nejrozsáhlejší centrální databázi mobilního operátora, která obsahuje veškeré informace o každém autorizovaném zákazníkovi, který využívá síť GSM. Dále se zde ukládají informace o lokalitě účastníka dané sítě, údaje o dostupných službách a čísla IMSI, což je identifikační číslo SIM karty. Hlavním úkolem HLR je vyhledávat informace o uživateli, pravidelně aktualizovat veškeré získané informace a kopírovat informace do příslušné VLR nebo mazat data z VLR při přesunu účastníka sítě do jiné oblasti. V síti operátora bývá minimálně jeden registr HLR, ale může jich být i více, zároveň se mohou někteří operátoři integrovat do HLR i AuC, což se z bezpečnostních důvodů moc nedoporučuje. [39] [42]

C) VLR (Visitor Location Register)

VLR je návštěvnický lokalizační registr, který obsahuje informace o mobilních účastnících pohybujících se v oblasti dané MSC. Jedná se tak o dočasnou a neúplnou kopii HLR. VLR registr vždy generuje po přihlášení na základě IMSI identifikační číslo TMSI a zároveň přidá číslo LACI, které udává oblast výskytu účastníka. Tato databáze funguje jako dynamická. Po přihlášení nového účastníka do sítě jsou do VLR nakopírována potřebná data z HLR. Jakmile uživatel danou oblast opustí nebo je neaktivní po určitý časový interval, jsou data vymazána. Nikdy nedochází ke kopírování informací z VLR do databáze HLR. [39]

D) AuC (Authentication Centre)

AuC je autentizační centrum. Slouží k ověření identity účastníka dané sítě. AuC vždy před zahájením konverzace ověří totožnost každého účastníka na základě dané SIM karty, a tak zabezpečí zneužití systému GSM. AuC může být buď jako samostatný komponent nebo je obvykle součástí registru HLR. [39] [42]

E) EIR (Equipment Identity Register)

EIR je registr mobilních stanic. Jedná se o databázi, která obsahuje identifikační čísla IMEI od mobilních zařízení. Díky tomuto registru se dá zamezit neoprávněnému použití zcizeného mobilního zařízení. Dříve bylo možné u starších telefonů toto číslo jednoduše měnit, ale nová mobilní zařízení se vyrábějí s nezaměnitelným identifikačním číslem. Dojde-li k odcizení mobilního zařízení, je možné to nahlásit svému operátorovi. Operátor toto mobilní zařízení zařadí na černou listinu a tímto způsobem dojde k zablokování daného přístroje. V současné době existuje centrální registr mobilních stanic pro všechny mobilní operátory a je nejčastěji nazýván IMEI DB (databáze). [39] [42]

EIR obsahuje 3 databáze: White list (obsahuje známá a platná IMEI čísla), Black list (obsahuje IMEI čísla patřící odcizeným nebo neplatným mobilním telefonům), Grey list (obsahuje IMEI čísla, která je potřeba v rámci sítě sledovat). [42]

3. OSS (Operation and Support Subsystem)

Z názvu je patrné, že má na starost provoz a podporu provozu. Zajišťuje řízení bezpečnosti, konfiguraci sítě, údržbu, správu a komerční provoz. [39]

Skládá se z těchto tří hlavních částí: OMC (Operations and Maintenance Centre), NMC (Network Management Centre), ADC (Administrative Centre).

A) OMC (Operations and Maintenance Centre)

OMC zajišťuje provoz a údržbu ostatních subsystémů, jako je BSS, NSS. Dále zodpovídá za údržbu BTS, BSC a MSC. [39]

B) NMC (Network Management Centre)

Jedná se o operační středisko, které je zodpovědné za správné fungování jednotlivých komponentů systému. Je-li v systému porucha, je jeho úkolem co nejrychleji a nejefektivněji tento problém vyřešit. Některé problémy je možné vyřešit pomocí počítače, některé však musí být přiděleny technikovi, který problém řeší na místě poruchy. [42]

C) ADC (Administrative Centre)

ADC je administrativní centrum, které zodpovídá za správnou tarifikaci registrovaných účastníků sítě GSM. Dále zodpovídá za aktivace, registrace, placení účtů apod. [39]

8.1.1 SIM karta (Subscriber Identity Module)

První komerční SIM karta byla představena roku 1991. Za jejím vznikem stál výrobce čipových karet Giesecke & Devrient. SIM karta je důležitá součást mobilní sítě, díky které se účastník v této síti identifikuje. Tuto kartu lze získat u jakéhokoliv operátora. SIM kartu lze kdykoliv z mobilního zařízení vyjmout a vložit do kteréhokoliv jiného zařízení. Jedná-li se však o SIM kartu jiného operátora, jenž mobilní zařízení nepodporuje, je nutné provést odblokování tohoto zařízení. V dnešní době se blokování mobilních zařízení většinou neprovádí. SIM karta obsahuje paměť na uložení telefonního seznamu, SMS zpráv a další data. Každé SIM kartě je přiděleno identifikační číslo IMSI, které slouží pro identifikaci účastníka na celém světě.

SIM karta má přiřazeno MSISDN číslo. Z pohledu účastníka jde o klasické telefonní číslo. SIM karty jsou nejčastěji používány v síti GSM, ale používají se také v síti UMTS, ve které se nazývají USIM. [43] [44]

Existují 3 druhy velikostí SIM karet:

- 1 **Full-size** – délka 85,60 mm, šířka 53,98 mm, tloušťka 0,76 mm
- 2 **Mini-SIM** – délka 25 mm, šířka 15 mm, tloušťka 0,76 mm
- 3 **Micro-SIM** – délka 15 mm, šířka 12 mm, tloušťka 0,76 mm [44]

SIM karta je chráněna několika přístupovými kódy:

- PIN1 osobní přístupový klíč uživatele mobilního telefonu
- PIN2 chrání pevnou volbu telefonního seznamu, nebo umožňuje přístup k některým funkcím telefonu
- PUK1 určen pro nastavení nového PIN1
- PUK2 slouží pro nastavení LPIN nebo nového PIN2
- BPUK určen pro nastavení přístupového kódu BPIN pro přístup do GSM bankovníctví
- LPIN slouží pro lokalizaci SIM karty, tzv. lokalizační PIN [43]

IMSI (International Mobile Subscriber Identity)

Každá SIM karta obsahuje jedinečné identifikační číslo IMSI. Toto číslo přiděluje SIM kartám mobilní operátor a lze jej využít pro jednoznačnou identifikaci v rámci všech sítí GSM a UMTS. Pomocí mobilního telefonu je toto číslo zasíláno mobilnímu operátorovi, který může dohledat informace o daném uživateli. Z důvodu zamezení možnosti odposlechu je toto číslo posíláno co nejméně a je často nahrazováno náhodně vygenerovaným (TMSI). Číslo TMSI se náhodně vygeneruje na základě oblasti, ve které se nachází mobilní zařízení, a aktualizuje se při každé změně této oblasti. IMSI obsahuje většinou 15 číslic, avšak může být i kratší. První tři číslice označují kód země (MCC; ČR = 230). Další dvě, nebo tři čísla představují kód mobilního operátora (MNC; Evropa – 2 čísla, Severní Amerika – 3 čísla). Zbytek čísel představuje číslo zákazníka MSIN, které je unikátní v rámci

každého mobilního operátora. MNC se přiděluje operátorům vzestupně a to od 0 (např. 01, 02, 03 atd.). Pro testovací sítě se kód přiřazuje vzestupně od zadu (např. 99, 98, 97 atd.). [45]

Rozdělení MNC čísla českých operátorů: T-Mobile – 01, O2 – 02, Vodafone – 03, U:Fon – 04

Příklady IMSI českých operátorů:

- 230011236566870 – T-Mobile
- 230020987687311 – O2
- 230031059584756 – Vodafone [45]

8.1.2 Handover v systému GSM

Handover uskutečňuje automatické přeladění stanice při přechodu mobilního účastníka přes hranice buněk. Automatické přeladění stanice se provádí, jelikož sousední buňky v GSM systému využívají kanály s odlišnými frekvencemi. U handoveru je důležitá neustálá registrace okamžité polohy mobilního telefonu, alespoň na úrovni buněk. Určení polohy se provádí například tak, že mobilní stanice neustále udržuje spojení s ostatními BTS stanicemi v okolí. Tyto BTS stanice pak vyhodnocují kvalitu spojení a informují ústřednu. Ústředna pak na základě těchto získaných informací rozhodne, která BTS stanice má kvalitnější spojení s onou mobilní stanicí a provede handover. Dojde-li k přemístění mobilní stanice z jedné buňky do druhé během hovoru, ústředna jí přidělí nové hovorové kanály. Celý tento proces trvá opravdu krátce a při hovoru jej nepostřehneme. [46]

V GSM systému se provádí následující handovery:

- **handover mezi buňkami** (Intra-cell handover) – automatické přeladění mobilních stanic při přechodu přes hranice buněk
- **handover uvnitř buňky** (Intra-cell handover) – při pohybu v rámci jedné buňky může být proveden handover díky tomu, že se objeví kanály zajišťující kvalitnější spojení [46]

Rozeznáváme 3 základní typy handoveru v síti GSM:

1. Handover řízený systémem (Network Controlled HandOver – NCHO) – Mobilní stanice vysílá jen kontrolní signál, jenž přijímají BTS stanice v dosahu. Systém pak na základě kontrolních signálů od mobilní stanice rozhodne, která BTS stanice je nejvhodnější pro komunikaci.

2. Handover řízený pomocí mobilní stanice (Mobile Assisted HandOver – MAHO) – Mobilní stanice nepřetržitě měří intenzitu, případně poměr signál/šum signálu nejbližších základnových stanic. Tyto informace poskytuje základnové stanici, s kterou právě komunikuje. Měření mohou provádět i základnové stanice. Opět zde rozhodne o vhodnosti základnové stanice systém, který však dává přednost informacím získaným od mobilní stanice. Nevýhodou je vyšší intenzita přenosu rádiovým sektorem.

3. Handover řízený mobilní stanicí (Mobile Controlled HandOver – MCHO) – Mobilní stanice rozhoduje o přechodu na novou základnovou stanici. Vychází se z údajů naměřených mobilní stanicí a z údajů základnové stanice. Mobilní stanice vysílá požadavek na změnu základnové stanice přímo stanici, na kterou se právě hodlá přemístit. Tento handover je využíván například u bezšňůrových telefonů DECT a výrazně šetří rádiový sektor. [46]

Druhy handoveru z hlediska přepínacích procesů:

1. „Tvrdý“ handover (Hard handover) – Mobilní stanice je odpojena od kanálu, poté je připojena na nový. Čas přepojení je tak malý, že při hovoru není ani postřehnutelný. Je zde však problém při přenosu dat.

2. „Bezešvý“ handover (Seamless handover) – Je vytvořeno spojení na novém kanálu dříve, než dojde k odpojení od stávajícího kanálu. Mobilní stanice tak v určitý moment komunikuje současně na dvou kanálech, což vyžaduje synchronizaci základnových stanic.

3. „Měkký“ handover (Soft handover) – Mobilní stanice je neustále připojena alespoň ke dvěma dostupným základnovým stanicím. Při pohybu mobilní stanice jsou pak jednotlivá spojení rušena a nově vytvářena. Nevýhodou jsou větší nároky na kapacitu sítě. [46]

8.2 UMTS

Mobilní sítě třetí generace byly navrženy jako náhrada sítí druhé generace. V dnešní době jsou však sítě třetí generace implementovány do existujících sítí druhé generace. UMTS je standardizován skupinou telekomunikačních asociací 3GPP a splňuje požadavky Mezinárodní telekomunikační unie. U některých operátorů 3G technologie rozšiřuje pouze systémy 2G o nové služby, jako je vysokorychlostní přenos dat. Nejběžnější forma UMTS využívá pro přístup W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), jenž je evropsko-japonský 3G standard. Mezi další patří TD-CDMA a TD-SCDMA. Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u UMTS může být dále kombinován s FDMA (Frequency Division Multiple Access) a TDMA (Time Division Multiple Access). FDMA umožňuje zajistit vícenásobné využití spektra bez vzájemných interferencí. U této metody je důležité přesné nastavení frekvence a pásma modulace. U systému TDMA má účastník mobilní sítě přesně určenou frekvenci kanálu a počátek i konec časového intervalu, po který může daný kanál využívat. Mezistupeň mezi třetí a čtvrtou generací je 3.5G a 3.75G. Tyto systémy s mezigenerační kategorií však jen rozšiřují 3G standard o nové komponenty nebo služby. [47] [42] [48]

Rozdělení buněk v UMTS

Podobně jako GSM síť je i UMTS síť tvořena buňkovou strukturou. Mobilní zařízení se pak přihlašuje do sítě pomocí nejbližší buňky. Tyto buňky jsou různě veliké a rozdělují se na:

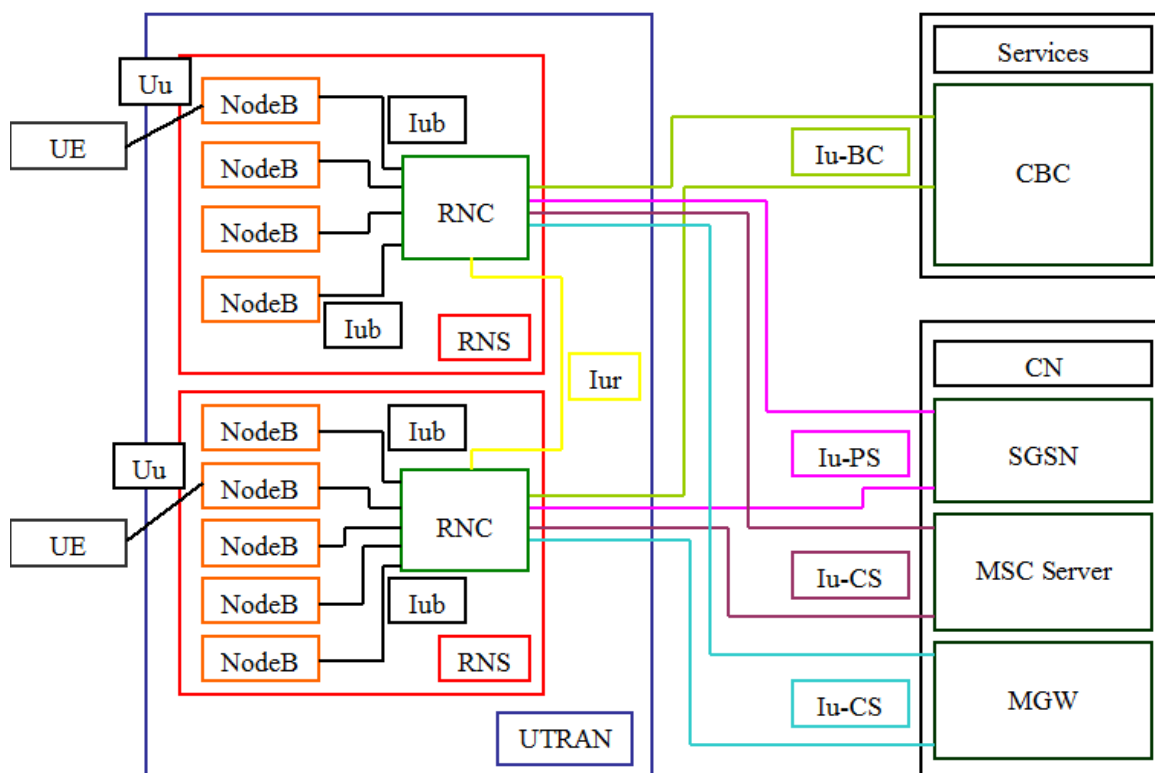
1. **Velké buňky** (Macrocell) – Pokrývají největší oblast ze všech uvedených buněk. Rozměr buněk je v rozmezí od 5 do 6 km. Využívají se ve venkovských oblastech.

2. **Mikro buňky** (Microcell) – Poloměr buněk je od 300 do 500 m. Využívají se především v městských oblastech.

3. **Piko buňky** (Picocell) – Poloměr buněk je okolo 10 – 50 m. Využívají se v obchodních centrech, úřadech a v jiných malých prostorách. [49]

Architektura sítě UMTS

UMTS síť třetí generace je schématicky znázorněna na následujícím obrázku.



Obr. 2: Architektura sítě UMTS [48]

Struktura UMTS sítě: UE (User Equipment), UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), RNS (Radio Network Subsystem), NodeB (Základnové stanice), RNC (Radio Network Controller), CN (Core Network), SGSN (Service GPRS Support Node), MSC Server (Mobile Switching Centre Server), MGW (Media Gateway), services, CBC (Cell Broadcast Centrum).

1. UE (User Equipment)

UE je v síti UMTS označení pro jakékoliv mobilní zařízení, které je schopno s touto sítí komunikovat. Označení UE bývá často zaměněno s označením MS (Mobile Station) nebo MT (Mobile Terminal), což jsou označení z GSM sítě. Podobně jako GSM síť, UMTS využívá SIM kartu. Zde se však označuje jako USIM (UMTS Subscriber Identity Module). USIM slouží k identifikaci účastníka v mobilní síti a uchovává autorizační a šifrovací klíče. Uživatelská stanice tvoří samostatnou součást

UMTS systému a v architektuře sítě nebývá často ani označena. Uživatelská stanice (UE) komunikuje s NodeB přes rozhraní Uu. [47]

2. UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

UTRAN je společný název pro základnové stanice NodeB a RNC. NodeB a RNC mohou být spojené v jeden celek, i když klasická implementace má jednu RNC, která obsluhuje více základnových stanic. V tomto případě pak RNC komunikuje s NodeB přes rozhraní Iub. Mají společný název Radio Network Subsystem (RNS). V UTRAN může být přítomno více RNS. UTRAN umožňuje spojení mezi RNC a CN pomocí spojovacího rozhraní Iu-PS a Iu-CS. Dále je zde rozhraní Iur, přes které spolu komunikují jednotlivé RNC. [50]

3. RNS (Radio Network Subsystem)

Jak již bylo popsáno v UTRAN, jedná se o společný název pro RNC, která obsluhuje více NodeB přes rozhraní Iub. [50]

4. NodeB

NodeB je základnová stanice podobná BTS stanici využívané v GSM sítích. Obsahuje vysokofrekvenční vysílač/přijímač, který slouží pro komunikaci s mobilními zařízeními a podporuje různé přenosové režimy (TD-CDMA, W-CDMA, TS-SCDMA). Základními funkcemi NodeB jsou: modulace/demodulace, vysílání/přijem, ochrana proti chybám, řízení výkonu a kódování CDMA fyzických kanálů. [50]

5. RNC (Radio Network Controller)

RNC je řídicí prvek v UMTS síti. Má na starost funkčnost jedné nebo více základnových stanic NodeB. Mezi funkce RNC patří kontrola přístupu, řízení rádiových prostředků, přidělování rádiových kanálů, řízení handoveru, šifrování, řízení vysílacího výkonu, zpětné slučování, řízení mobility a bezchybný přenos dat. [50]

6. CN (Core Network)

Jádro sítě, nebo také v češtině páteřní síť, je soubor služeb poskytovaných UMTS sítí. Provádí spojovací funkce (propojení účastníků, směrování paketů), udržuje a aktualizuje důležité uživatelské informace (bezpečnost, účtování, poloha) a zajišťuje spojení do dalších sítí (internet, ISDN, PSTN apod.). [47]

7. SGSN (Service GPRS Support Node)

SGSN má na starost všechny uživatele přihlášené do GPRS sítě. Zajišťuje zpoplatnění přenesených dat, provádí autentizaci, kontrolu IMEI, šifrování a eviduje polohu dané MS stanice. [51]

8. MSC Server (Mobile Switching Centre Server)

MSC Server plní funkci telefonní ústředny a jeho hlavní funkcí je spojování nebo přepojování hovoru mezi uživateli různých externích telekomunikačních sítí. [52]

9. MGW (Media Gateway)

Umožňuje propojení sítě UMTS s externími telekomunikačními sítěmi, jako je SS7, PSTN, síť druhé generace atd. [53]

10. Services

Služby poskytované mobilním operátorem registrovaným zákazníkům v rámci sítě.

11. CBC (Cell Broadcast Centrum)

Tato služba je zaměřena na posílání krátkých informačních zpráv více uživatelům v určité oblasti. Poskytuje informace o počasí, varovné zprávy, určování polohy, novinky a další. Ne všichni operátoři tyto informace ve své síti poskytují a ne všechna mobilní zařízení je podporují. Rozsah vysílání může být rozmanitý od jedné buňky až po celou síť. [54]

8.2.1 W-CDMA rádiové rozhraní

Spojení mezi základnovou stanicí (NodeB) a mobilní stanicí (UE) se realizuje dvěma směry: Downlink (základnová stanice vysílá a mobilní stanice přijímá), Uplink (mobilní stanice vysílá a základnová stanice přijímá).

UMTS lze rozdělit na 2 typy, dle řešení duplexního přenosu. Jsou to:

1. **TDD** (Time Division Duplexing) – Zde nemůže základnová nebo mobilní stanice vysílat současně. Downlink a uplink mají stejnou frekvenci. Je důležité určit, kdo a jak dlouho bude vysílat.
2. **FDD** (Frequency Division Duplexing) – V tomto případě má downlink a uplink odlišnou frekvenci. Díky tomu nemusí základnová a mobilní stanice koordinovat své vysílání a mohou vysílat současně. Tato technologie je nejrozšířenější. [47]

Kmitočtový plán:

- Párové pásmo (FDD) – 2 110 – 2 170 MHz downlink a 1 920 – 1 980 MHz uplink
- Nepárové pásmo (TDD) – 2 010 – 2 025 MHz downlink a 1 900 – 1 920 MHz uplink [47]

8.2.2 Handover v síti UMTS

Handover zajišťuje mobilitu účastníka v mobilní telekomunikační síti. Handover se provádí, jakmile účastník opouští buňku, ve které byl přihlášený, a navazuje spojení s novou buňkou, do níž

vstupuje. Řízení handoveru v UMTS síti je mnohem komplikovanější než v klasický buňkových sítích. Handover v UMTS síti je realizován z důvodů:

- kvality signálu – handover nastává při poklesu kvality signálu pod stanovenou mez určenou v RNC
- provozu v buňce – handover nastává, jakmile se provoz v dané buňce přiblíží nebo dosáhne maximálního vytížení [55]

Tři základní typy handoveru v síti UMTS:

1. Soft handover – může být proveden jen tehdy, když sousední NodeB v daných buňkách používá rádiový kanál se stejným kmitočtem
2. Softer handover – probíhá, jestliže se mobilní zařízení nachází mezi dvěma sousedními sektory
3. Hard handover – mobilní zařízení při přechodu do nové buňky dostane informace o nově vytvořeném kanálu, následně se do něho přepojí a zruší se kanál, ve kterém byl přihlášený předtím. Hard handover může být realizován jako přepojení na kanál s jiným kmitočtem (Inter-Frequency) nebo se stejným kmitočtem (Intra-Frequency): [55]

Intra-Frequency Hard handover – K přepojení na kanál se stejným kmitočtem v UMTS síti dochází jen při přechodu mezi dvěma buňkami, jejichž jednotlivé NodeB jsou řízeny jinými RNC. Tyto RNC nesmí být propojeny rozhraním Iur. Komunikace mezi jednotlivými RNC probíhá přes MSC.

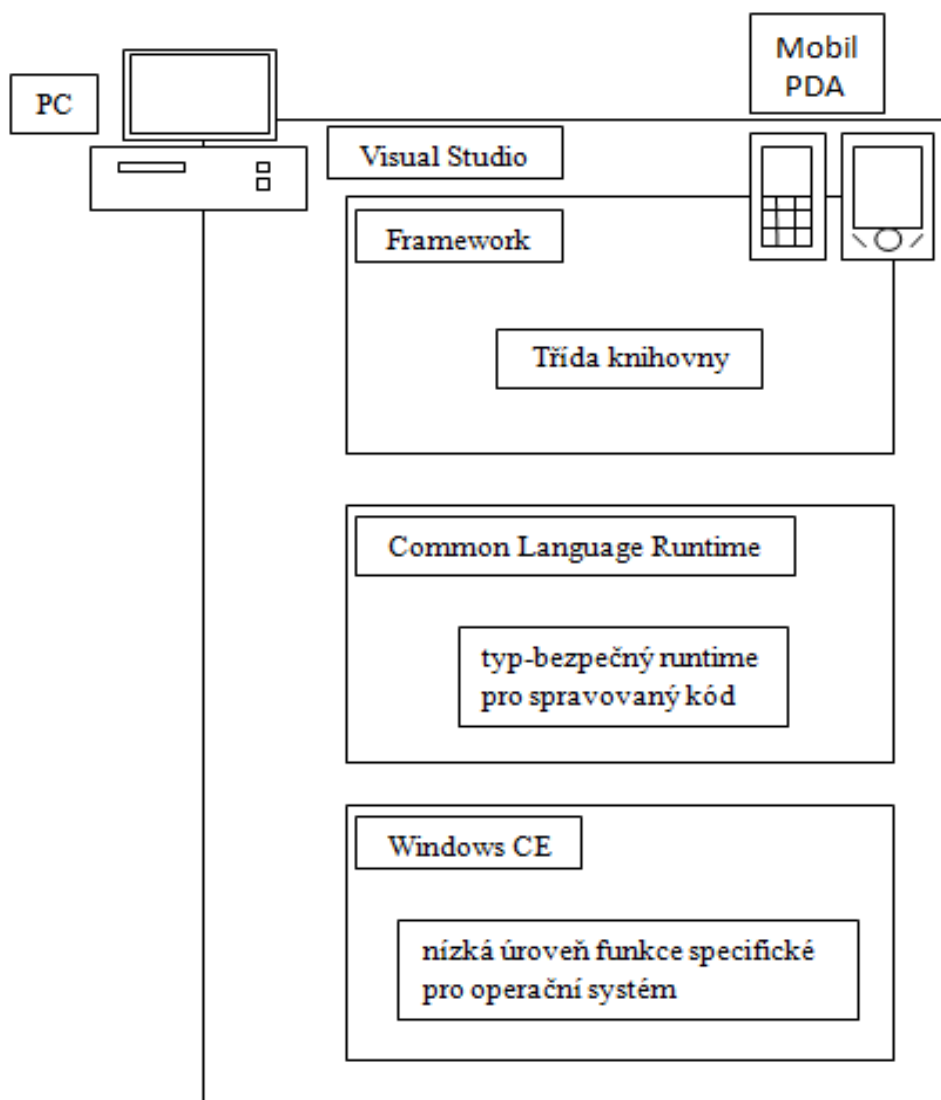
Inter-Frequency Hard handover – V síti UMTS mohou všechny NodeB vysílat ve všech buňkách na stejném kmitočtu. Díky tomu všechna mobilní zařízení sdílejí frekvenční pásmo uvnitř sítě. I přesto může být v některých buňkách jiná frekvence – v tomto případě se při přechodu mezi buňkami používá Inter-Frequency hard handover. Tento handover umožňuje přepojení mezi různými rádiovými přístupovými sítěmi, např. mezi NSS (Používané v GSM) a UTRAN (používané v UMTS). V tomto případě se handover nazývá Inter-System Handover a provádí se tam, kde dochází k překrývání buňky od GSM a UMTS sítě nebo při využívání služby, kterou jedna ze systému nepodporuje. [55]

9 PLATFORMA .NET COMPACT FRAMEWORK

Platforma .NET Compact Framework obsahuje rysy plnohodnotné platformy .NET Framework. Tato platforma je určena pro mobilní zařízení, jako jsou smartphony, mobilní telefony, PDA apod. Tuto technologii nadále podporuje i herní konzole Xbox 360 nebo set-top boxy. Jelikož se jedná o podmnožinu plnohodnotného .NET prostředí, odpadá pro programátora nutnost studia nového jazyka nebo vývojového nástroje. Z důvodu maximální úspory paměti a možnosti hostitelského zařízení sebou Compact Framework nese řadu kompromisů a omezení. Plnohodnotné prostředí .NET zabírá přibližně 18 – 20 MB zatímco .NET Compact Framework zabírá méně než 2 MB paměťového prostoru. Aplikace, které běží pod .NET Compact Framework, lze spustit na různých procesorech. [56]

Architektura .NET Compact Framework

Architektura .NET Compact Framework je schématicky znázorněna na následujícím obrázku.



Obr. 3: Architektura platformy .NET Compact Framework [57]

Architektura .NET Compact Framework se skládá z těchto součástí: PC, Mobil, PDA, Visual Studio, Framework, Common Language Runtime, Windows CE.

1. Visual Studio

Je integrované vývojové prostředí (IDE) vyvinuté společností Microsoft. Slouží pro vývoj různých konzolových aplikací nebo aplikací s grafickým rozhraním. Spolupracuje s Windows Forms aplikacemi, webovými aplikacemi, webovými stránkami a webovými službami jak ve strojovém kódu, tak ve spárovaném kódu na platformách Microsoft Mobile, Microsoft Windows, Windows CE, .NET, .NET Compact Framework a Microsoft Silverlight. Přehled jednotlivých verzí Visual studia – viz tab. 4.

Tab. 4: Verze Visual Studia

Název výrobku	Interní Verze	.NET Framework verze	Rok vydání
Visual studio	4.0	Neaplikovaná	1995
Visual Studio 97	5.0	Neaplikovaná	1997
Visual Studio 6.0	6.0	Neaplikovaná	1998
Visual studio . Net (2002)	7.0	1.0	2002
Visual Studio .Net (2003)	7.1	1.1	2003
Visual Studio 2005	8.0	2.0/3.0	2005
Visual Studio 2008	9.0	3.0/3.5	2007
Visual Studio 2010	10.0	4.0	2010

V historii byl konkrétní .NET Framework spojen vždy s konkrétní verzí Visual Studia. Změna nastala s příchodem verze 3.0 a zejména s verzí Visual Studio 2008, která podporuje multitargeting. Multitargeting umožňuje tvořit aplikace pro verzi 2.0, 3.0 a 3.5 z jediného vývojového prostředí. Multitargeting podporuje i Visual Studio 2010. Nové Visual Studio 2010 může být nainstalováno na stejném počítači, kde jsou již nainstalovány předešlé verze, jako VS 2008, VS 2005 a VS 2003. [60]

2. Framework

Framework je návrhová kostra, která slouží jako podpora při vývoji programování a organizaci jiných softwarových projektů. Výrazně usnadňuje práci programátorovi. Může obsahovat podpůrné programy, knihovnu API, návrhové vzory nebo nabízí doporučené postupy při vývoji. [57]

3. Common Language Runtime (CLR)

CLR je vývojové a run-time prostředí nezávislé na programovacím jazyce, které pomáhá zajišťovat spouštění aplikace. Jsou na něm postaveny všechny základní knihovny sloužící k přístupu

k datům, k přístupu do sítě a do internetu, k monitorování bezpečnosti a auditování. Nad těmito knihovnamy pak stojí ještě webové služby a uživatelské rozhraní. [57]

4. Windows CE

Windows CE je operační systém reálného času s hybridním jádrem vyvinutý firmou Microsoft. Toto jádro je odlišné od jádra používaného Microsoft Windows pro osobní počítače. Využívá však malou podmnožinu Win32 API. Podporuje procesory Intel x86 kompatibilní, MIPS, ARM, a Hitachi SuperH. [57]

Platformy .NET

Celá platforma .NET včetně jeho částí spadá pod MS EULA licenci. Jedná se tedy o částečný open source software. Přehled jednotlivých platforem:

- **Microsoft .NET Framework** – nejrozšířenější platforma pro osobní počítače s operačním systémem Microsoft od verze Windows 98
- **Microsoft .NET Micro Framework** – platforma určená pro kapesní počítače a mobilní telefony s operačním systémem Windows Mobile
- **Mono** – produkt nezávislé open source iniciativy, implementuje .NET runtime pro operační systémy Unixového typu (Linux, Mac OS X, Solaris, UNIX, FreeBSD a Microsoft Windows) [58]

Přehled .NET produktů

.NET obsahuje celou řadu technologií a softwarových produktů:

- **ASP.NET** – technologie pro tvorbu webových aplikací a služeb
- **Windows Workflow Foundation** – technologie pro tvorbu aplikací založených na workflow
- **Windows Communications Foundation** – technologie pro vývoj servisně orientovaných aplikací (Service-oriented architecture)
- **Windows Presentation Foundation** – technologie pro vytváření vizuálně působivého grafického uživatelského rozhraní pro aplikace
- **Windows CardSpace** – systém pro vytváření vztahů s weby a službami online. Může nahradit jména a hesla uživatelů, která se používají k registraci a přihlášení k webům a službám online
- **LINQ** – Language Integrated Query usnadňuje tvorbu dat, jejich třídění, propojování a vyhledávání v nich [58]

Programovací jazyk pro platformu .NET

Pro platformu .NET můžeme použít mnoho programovacích jazyků. Je jedno v jakém jazyce byla aplikace napsána, jelikož se vždy přeloží do společného mezi – jazyka, který je označován jako Common Intermediate Language. Mezi nejčastěji používané programovací jazyky pro vývoj .NET aplikací patří C#, Delphi a Visual Basic .NET. Dalšími programovacími jazyky jsou: F#, J#, Boo, Managed C++, IronPython [59]

9.1 Příkazy

Pomocí těchto příkazů lze získat různé informace o servisní nebo sousední buňce v GSM síti. Mezi nejpoužívanější příkazy patří: AT^SMONC, AT^SMOND, AT^MONP.

AT^SMONC

Zobrazí informace o servisní buňce a až o sedmi sousedních buňkách.

Test příkazu	AT^SMONC = ?
Reakce	OK ERROR +CME ERROR: <err>
Vykonání příkazu	AT^SMONC
Reakce:	SMONC<MCC>1, <MNC>1, <LAC>1, <cell>1, <BSIC>1, <chann>1, <RSSI>1, <C1>1, <C2>1, <MCC>2, <MNC>2, <LAC>2, <cell>2, <BSIC>2, <chann>2, <RSSI>2, <C1>2, <C2>2, ... OK ERROR +CME ERROR <err>

Parametry:

<MCC>	Mobile Country Code (Kód země)
<MNC>	Mobile Network Code (Kód sítě)
<LAC>	Location Area Code (Kód oblasti v hexadecimálním formátu)
<cell>	Cell identifier (Identifikátor buňky)
<BSIC>	Base Station Identity (Identifikace základnové stanice)
<chann>	Absolute frequency channel number (Číslo kanálu)
<RSSI>	Received Signal Strength Indication (Určuje kvalitu signálu pro bezdrátová zařízení)
<C1>	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice
<C2>	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice [61]

AT^SMOND

Zobrazí informace o servisní buňce a až o šesti sousedních buňkách. Poskytuje podrobnější informace o síle signálu.

Test příkazu	AT^SMOND = ?
Reakce	OK ERROR +CME ERROR: <err>
Vykonání příkazu	AT^SMOND
Reakce	^SMOND : [<sci>][,<nci>][<TA>][,<rssiber>] OK ERROR +CME ERROR <err>

Parametry:

<sci>	Serving cell information (Informace o servisní buňce) <MCC>, <MNC>, <LAC>, <cell>, <BSIC>, <chann>, <RxLev>, <RxLev>Full, <RxLev>Sub, <RxQual>
<nci>	Neighbor cell information (Informace o 1 až 6 sousedních buňkách) <MCC>1, <MNC>1, <LAC>1, <cell>1, <BSIC>1, <chann>1, <RxLev>1, <MCC>2, <MNC>2, <LAC>2, <cell>2, <BSIC>2, <chann>2, <RxLev>2, ...
<rssiber>	Hodnoty RSSI a BER, <RSSI>,<BER>
<MCC>	Mobile Country Code (Kód země)
<MNC>	Mobile Network Code (Kód sítě)
<LAC>	Location Area Code (Kód oblasti v hexadecimálním formátu)
<cell>	Cell identifier (Identifikátor buňky)
<BSIC>	Base Station Identity Code
<chann>	Absolute frequency channel number (Číslo kanálu)
<RxLev>	Received signal level in dBm (Úroveň přijímaného signálu v dBm)
<RxQual>	Received signal quality (Kvalita přijatého signálu)
<Timeslot>	Zobrazí přiřazený timeslot
<TA>	Time Advance (Jen pro servisní buňku)
<RSSI>	Received Signal Strenght Indication (Určuje kvalitu signálu pro bezdrátová zařízení)
<BER>	Bit Error Rate [61]

AT^MONP

Poskytuje informace až pro 6 sousedních buněk dvěma způsoby. První způsob je pomocí příkazu a druhý automaticky každou <period> sekundu pomocí napsaného příkazu.

Test příkazu	AT^MONP = ?
--------------	-------------

Reakce	^MONP
	OK
Vykonání příkazu	AT^SMOND
Reakce	^SMOND : [<sci>][,<nci>][<TA>][,<rssiber>]
	OK
	ERROR
	+CME ERROR <err>
Psaní příkazu	AT^MONP = <period>
Reakce	AT^MONP
	OK
	ERROR
	+CME ERROR <err>

Parametr:

<period> Zobrazení v sekundách

Příklad odezvy AT^MONP:

chann	rs	dBm	MCC	MNC	BCC	C1	C2
653	26	-84	262	07	0	22	22
660	20	-90	252	07	3	16	16
687	19	-81	262	07	1	15	15
678	14	-96	262	07	3	10	10
671	14	-96	262	07	1	10	10
643	10	-100	262	07	7	6	6

Vysvětlení pojmů:

chann	ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)
rs	Received Signal Strength Indication (RSSI) – hodnota 0 – 63
dBm	Příjem úrovně v dBm
MCC	Mobile Country Code (Kód země)
MNC	Mobile Network Code (Kód sítě)
BCC	Base Station Color Code
C1	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice
C2	Koeficient pro opětovný výběr základnové stanice [61]

10 URČENÍ POZICE MOBILNÍHO TELEFONU

Zjišťováním pozice mobilních telefonů se mobilní operátoři a dodavatelé pro síť GSM zabývají řadu let. Během této doby definovali řadu metod, které se budou nadále vyvíjet. Lokalizační metody se rozdělují do tří skupin:

1 **Metody založené na lokalizaci pomocí sítě** – založeny na znalosti konfigurace sítě GSM a chování rádiových vln. Každý mobilní operátor zná rozmístění svých základnových stanic BTS, jejich rozdělení do sektorů a identifikační čísla jednotlivých sektorů Cell ID. Dále znají i frekvence, které se v těchto sektorech používají.

2 **Metody založené na lokalizaci pomocí mobilního zařízení** – zjišťování pozice probíhá na straně mobilního zařízení, které pro změnu nepotřebuje spolupráci mobilní sítě.

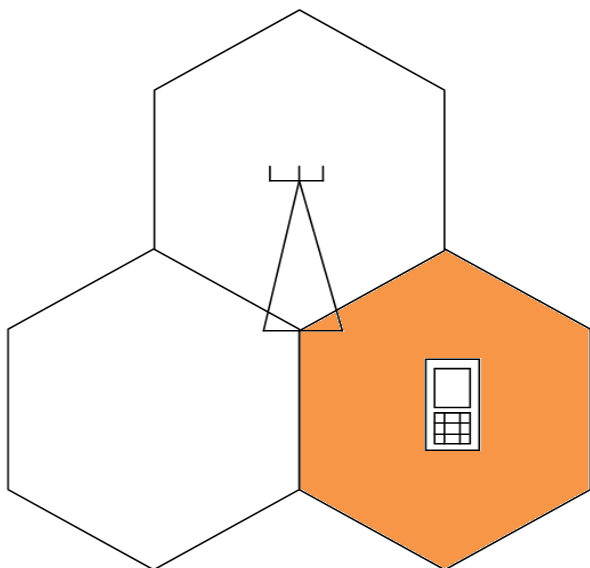
3 **Kombinované metody** – kombinují spolupráci telefonu se sítí GSM. Výsledkem je lokalizace založena na aplikacích SIM toolkit. Stále více se však využívá lokalizace pomocí sítě než pomocí telefonu. [62]

Následuje popis konkrétních metod, které byly využity v praktické části:

1. CGI (Cell Global Identity)

Metoda založená na znalosti principu buňkové architektury sítě GSM. Zde je důležitým parametrem Cell ID, což je identifikační číslo přiřazené mobilním operátorem buňce v síti. Přesnost této metody je závislá na poloměru dané buňky a pohybuje se od 100 do 500 m v městských oblastech,

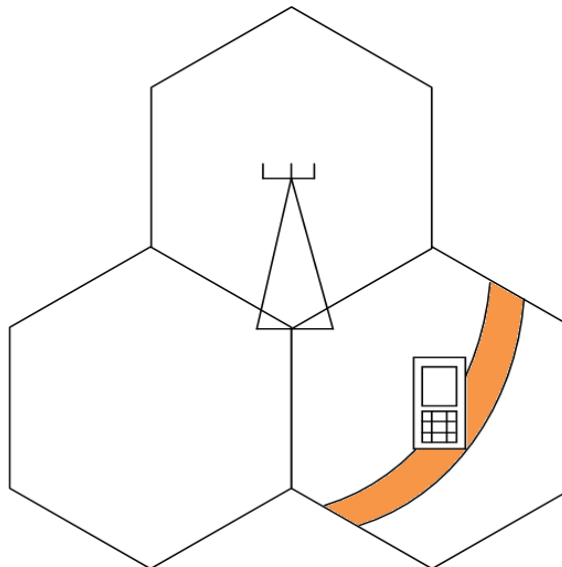
nebo v jednotkách až desítkách kilometrů ve venkovských oblastech. V praxi mobilní zařízení přijímá signál od více základnových stanic, což umožňuje výpočet průniku buněk, které tyto stanice vytvářejí. Dosáhne se tak větší přesnosti určené pozice. Jedná se o nejjednodušší a nejstarší metodu pro určení pozice mobilního zařízení v síti GSM. Přesnost této metody je od 150 m pro městské oblasti až po 35 km pro lokalitu s minimálním osídlením. Záleží na maximálním dosahu dané BTS stanice. [62] [63]



Obr. 4: Metoda Cell Global Identity

2. CGI+TA (Cell Global Identity + Timing Advance)

TA je parametr, který představuje čas šíření signálu mezi mobilním zařízením a sítí. Pomocí tohoto parametru může být výrazně zvýšena přesnost lokalizace. Známe-li rychlost šíření signálu, můžeme určit jejich přibližnou vzdálenost s přesností kolem 550 m. V praxi metoda vychází ze znalostí vzdálenosti mobilního telefonu od minimálně tří základnových stanic. Výsledná pozice uživatele může být tedy stanovena na základě jednoduché triangulace. Přesnost pozice závisí na hustotě sítě GSM v dané oblasti, bývá to několik desítek metrů. [62] [63]



Obr. 5: Metoda Cell Global Identity + Time Advance

3. Určení pozice prostřednictvím služby nabízené operátorem

Další možností určení pozice je služba nabízená operátorem T-Mobile. Jedná se o službu, která nevyžaduje žádné zvláštní nastavení. Pro využití této služby je zapotřebí LPIN (speciální klíč, který lze získat na stránkách operátora nebo pomocí SMS). Vyhledání lze provést jen při znalosti tohoto LPINu a lze kdykoliv změnit nebo zrušit. Tím se zamezí dalšímu sledování osobami, kterým již byl poskytnut klíč. Osoba, která je vyhledávána, musí mít aktivní mobil s již zmíněným aktivním LPINem. T-Mobile pro určení polohy využívá znalost rozložení svých BTS stanic. Přesnost této služby záleží především na hustotě osazení dané lokality BTS stanicemi. Ve velkých městech je přesnost desítky až stovky metrů. Naopak ve volné krajině s minimálním osídlením je přesnost v kilometrech. Typická tolerance udávaná T-Mobile je ve stovkách metrů. [64]

Vyhledání osoby je v tomto případě možné čtyřmi způsoby:

- Internet (využito v praktické části této bakalářské práce)
- Wap
- SIM Toolkit
- SMS

Vyhledávání na internetu

Jde o univerzální a nejpohodlnější možnost. Po přihlášení na portálu t-zones se v sekci „Kde je...“ vyplní formulář. Stačí zde zadat jen telefonní číslo a klíč LPIN hledané osoby. Po zpracování se ukáže mapa a vyznačené místo, kde se telefon nachází. Mapu lze různě přibližovat, měnit měřítko a posouvat. V tabulce je nejdůležitější údaj o předpokládané přesnosti. [64]

11 APLIKACE PRO MĚŘENÍ

Aby bylo možné provést jednotlivá měření, bylo zapotřebí různých měřících programů. V následujícím textu je stručný popis použitých programů.

11.1 Program GSM BTS

Program je určen na monitorování sítě a zjištění základních parametrů jako jsou datum/čas, ceIID (číslo buňky), Rx LEVEL (síla signálu) a ServingCell (aktivní buňka). V jednom okamžiku může monitorovat a zjišťovat parametry o jedné servisní buňce a až o šesti sousedních buňkách. Program je primárně určen pro GSM modul. V mém případě se jedná o MC75i EDGE Terminal. Komunikace s programem probíhá pomocí USB kabelu. Program detekuje dosažitelné COM porty.

Podmínky pro správnou funkci programu

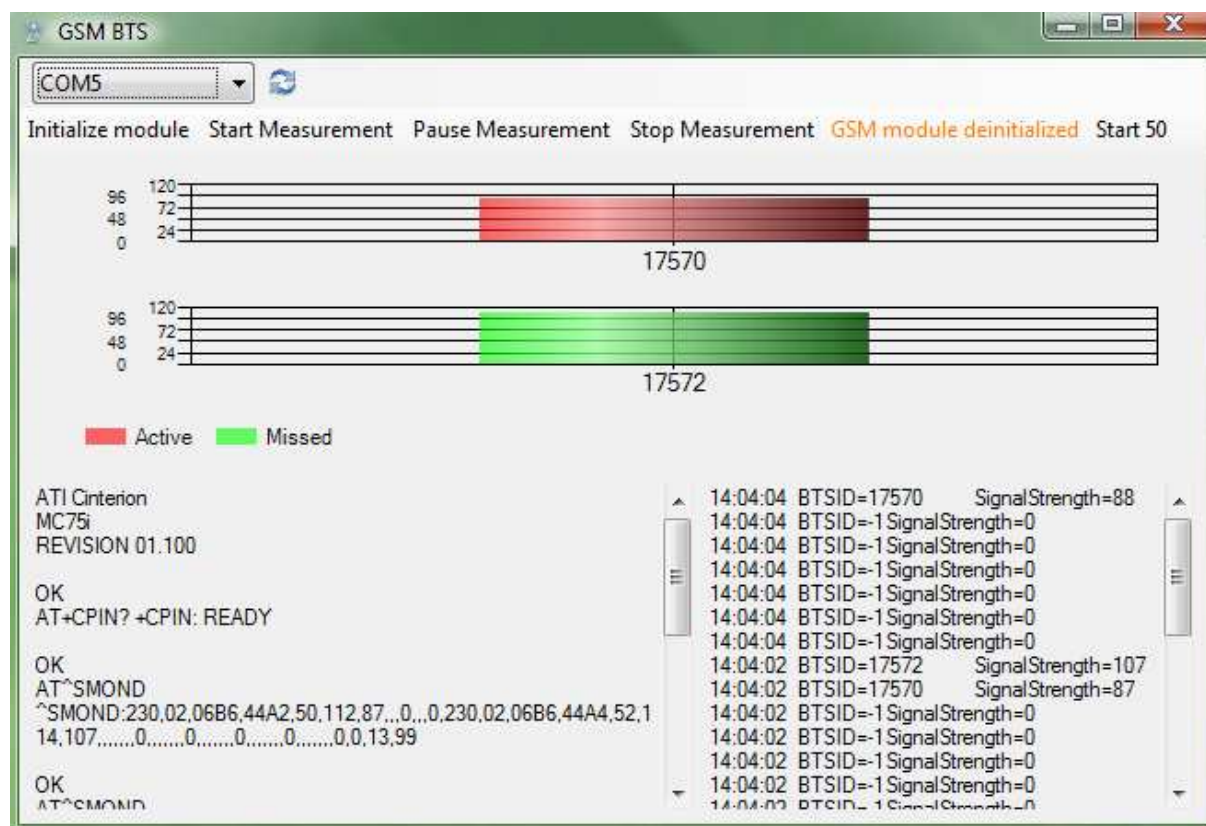
Pro správnou funkci programu je nutné splnit určité podmínky. Mezi tyto podmínky patří PC s operačním systémem XP a výše, vhodný GSM modul, vhodné ovladače a USB kabel na propojení GSM modulu s PC. Protože se jedná o paměťově a výpočetně velmi náročnou záležitost, je program v určitých situacích nestabilní.

Popis jednotlivých parametrů

Datum a čas	formát zobrazení: den.měsíc.rok-hodina:minuta:sekunda
CeIID	číslo buňky, přes kterou telefon komunikuje se sítí
Rx LEVEL	číslo udávající úroveň signálu v log. vyjádření (intenzita okolo -105 dB je ve většině sítí definována jako hraniční, pod kterou již nelze komunikaci navázat)
ServingCell	stav buňky (1 – aktivní buňka, 0 – neaktivní)

Popis jednotlivých tlačítek a značení

Select COM	zde se vybírá port, na kterém máme GSM modul
Initialize module	inicializace daného GSM modulu
Start Measurement	spuštění měření
Pause Measurement	pauza při měření
Stop Measurement	zastavení měření
GSM module deinitialized	informuje o odpojení GSM modulu, jeli modul zapojen je zde GSM module initialized
Start 50	spuštění měření pro 51 vzorků
Active	červeně vyznačí aktivní buňku
Missed	zeleně označí rezervní buňku



Obr. 6: Printscreen aplikace GSM BTS

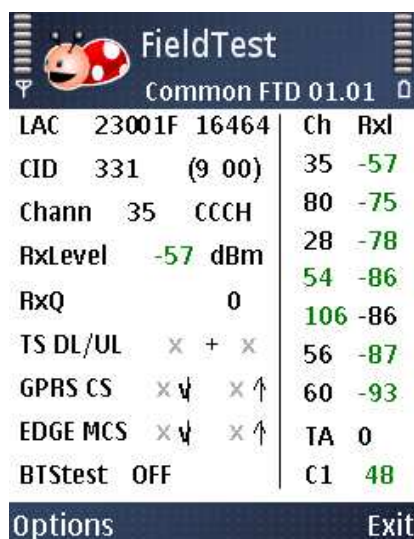
11.2 Program Fieldtest Lite

Tento program je určen pro „chytré telefony“ Nokia s operačním systémem Symbian S60 3rd. Fieldtest Lite je upravená verze aplikace Fieldtest. Hlavní úprava spočívá v tom, že všechny důležité parametry jsou zhuštěny do tří obrazovek. [65]

Popis jednotlivých parametrů

LAC	kód oblasti a číslo sítě (230 ČR, 01F T-Mobile, 02F O2, 03F Vodafone).
CID	číslo buňky (Cell ID) a indikace pásma 900/1 800 MHz
Chann	kanál, přesně definovaná frekvence, na které telefon se sítí komunikuje, je-li v rozmezí 0 – 124, jedná se frekvenci v pásmu 900 MHz, je-li číslo vyšší, je telefon aktivní v pásmu GSM 1 800 MHz
RxLevel	číslo udávající úroveň signálu v logaritickém vyjádření (ntenzita okolo -105dB je ve většině sítí definována jako hraniční, pod kterou již nelze komunikaci navázat)
RxQ	číslo v rozmezí 0 – 7 vyjadřující při hovoru kvalitu přenosu (7 znamená velkou chybnost, a tedy prakticky nesrozumitelný hovor)
TS	počet time slotů přidělených pro datový přenos

DL/UL	dowlink a uplink
GPRS CS	kódová schémata pro běžící GPRS
EDGE MC	kódová schémata pro běžící EDGE přenos
BTStest	umožňuje uzamknutí rádiového signálu
Ch Rx1	přehled sousedních kanálu a jejich úrovní signálu
TA	Timing advance - při hovoru vyjadřuje vzdálenost, kterou musí signál urazit mezi mobilním telefonem a aktuální buňkou, po vynásobení TA číslem 547 dostaneme přibližnou vzdálenost v metrech
C1	koeficient pro opětovný výběr základnové stanice
State	stav telefonu
PLMN	kód země a sítě (230 ČR, 01F T-Mobile, 02F O2, 03F Vodafone).
Freq	středová frekvence rádiového kanálu (10564-O2, 10588-O2, 10712-Vodafone, 10836-T-Mobile)
Scr	scrambling kód slouží pro identifikaci přijímané buňky
RSSI	received Signal Strenght Indication určuje kvalitu signálu [65]



LAC	23001F	16464	Ch	Rx1
CID	331	(9 00)	35	-57
Chann	35	CCCH	80	-75
RxLevel	-57	dBm	28	-78
RxQ	0		54	-86
TS DL/UL	x	+ x	106	-86
GPRS CS	x	x	56	-87
EDGE MCS	x	x	60	-93
BTStest	OFF		TA	0
			C1	48

Obr. 7

FieldTest

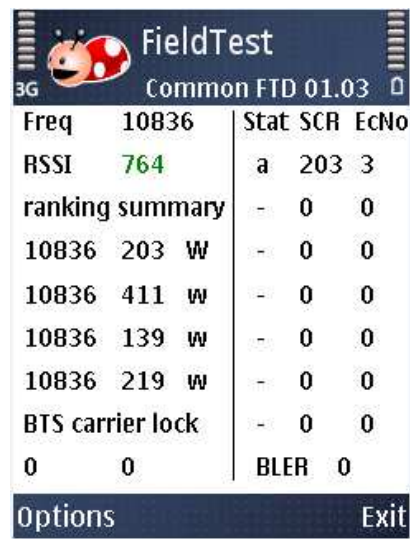
Common FTD 01.02

State	idle-pch	Neighbour cell
PLMN	23001F	Active 1
Search	Resele	Intra 0
Trigger	L1trig	Detected 0
Freq	10836	Undetect 10
SCR	203	NORMALRELEASE
Force protocol:		Cell reselection
0-dual		3G => 2G 0
1-GSM	2	2G => 3G 0
2-WCDMA		

Options

Exit

Obr. 8



Freq	10836	Stat	SCR	EcNo
RSSI	764	a	203	3
ranking summary		-	0	0
10836	203	W	-	0
10836	411	W	-	0
10836	139	W	-	0
10836	219	W	-	0
BTS carrier lock		-	0	0
0	0	BLER	0	

Obr. 9

Obr. 7: Obrazovka 1 - parametry pro GSM síť [65]

Obr. 8: Obrazovka 2 - parametry pro UMTS síť + sousední buňky [65]

Obr. 9: Obrazovka 3 - parametry pro UMTS síť [65]

12 MĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

V této kapitole bylo provedeno určení pozice hledaného telefonu pomocí jedné BTS stanice. Dále pak určení pozice mobilního telefonu operátorem T-Mobile na základě aplikace „Kde je...“ a kontrolní určení pozice přímým měřením na místě. Obě měření byla provedena ve dvou lokalitách. První lokalita byla krajina s minimálním osídlením a druhá ve městě. V dalším měření bylo provedeno ověření vlivu překážky z různých materiálů na úroveň signálu. Poslední měření se zabývalo poklesem úrovně signálu v závislosti na vzdálenosti od BTS stanice.

12.1 Určení pozice mobilního telefonu pomocí jedné BTS stanice

V tomto měření bylo odzkoušeno určování pozice mobilního telefonu pomocí jedné BTS stanice. Obrázky jsou díky tomu přehlednější, lze se v nich lépe orientovat a pro základní vysvětlení to plně vyhovuje. U všech měření BTS stanic je největším problémem, že všechny parametry jsou interní záležitostí mobilních operátorů, a mají k nim přístup jen pověřené osoby. Proto bylo při určování pozice mobilního telefonu předpokládáno, že měřená BTS stanice má maximální dosah 35 km. BTS stanice, pomocí které byla určena pozice mobilního telefonu, se nacházela v Milostovicích. Jednalo se o tubusový stožár, který byl umístěn na poli. Rozmístění jednotlivých vysílačů mělo směrové pokrytí 90°.

Pro určení pozice mobilního telefonu byly použity tyto metody: Metoda CGI bez uvážení směrových pásem, Metoda CGI s uvážením směrových pásem, Metoda CGI + TA bez uvážení směrových pásem, Metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem.

Pro určení pozice je důležité znát souřadnice BTS stanice:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17°49'34.88"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49°56'51.19"

Aby bylo možné ověřit přesnost lokalizace, bylo důležité znát i souřadnice místa, na kterém se tento mobilní telefon nacházel:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17°48'44.471"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49°56'14.09"

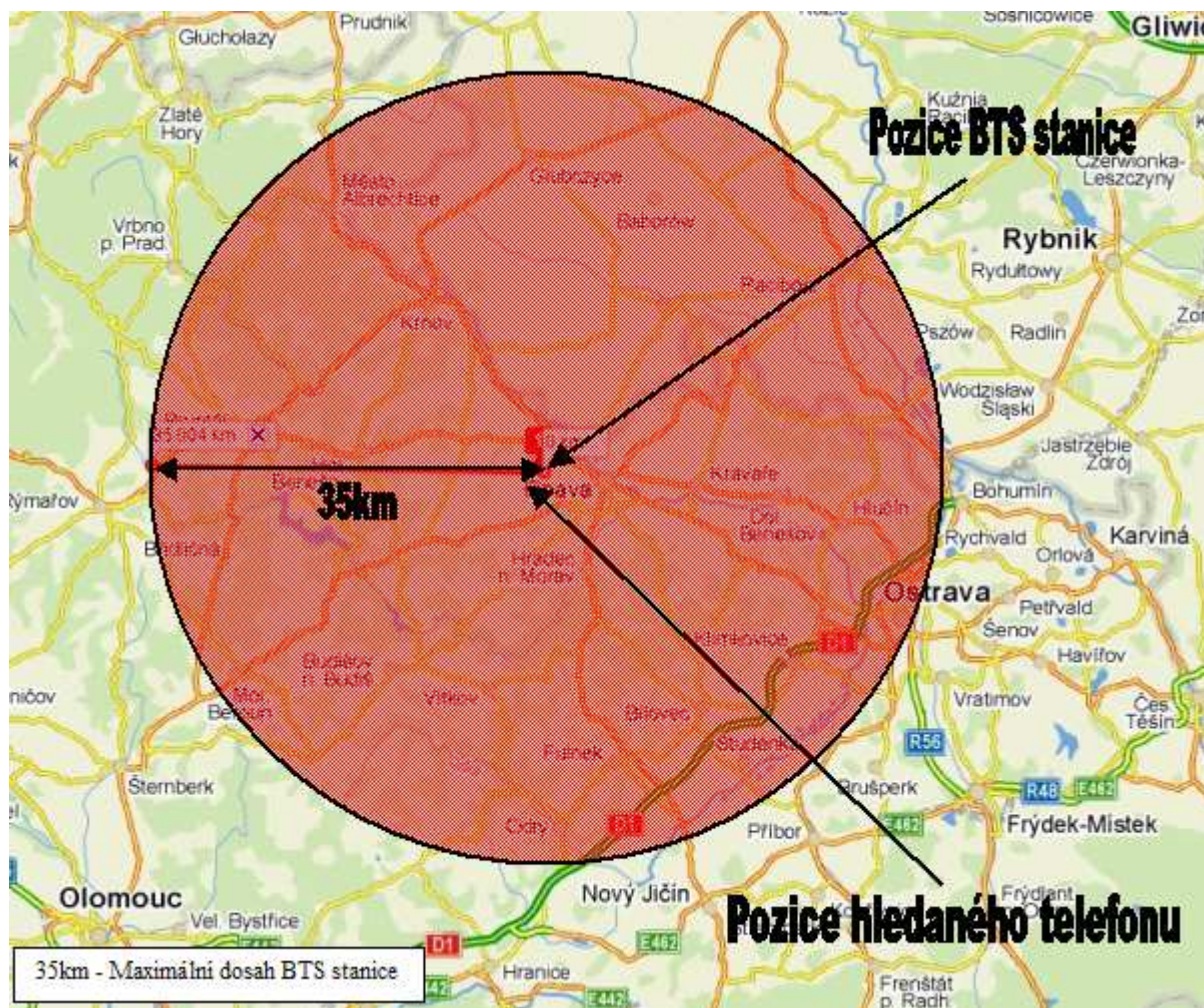
Na místě mobilního telefonu bylo provedeno měření pomocí programu Fieldtest Lite a byly naměřeny tyto parametry:

- **Cell ID** – Při měření byly dvě aktivní buňky 17570 a 17572. Obě jsou umístěny na tubusovém stožáru v Milostovicích
- **TA_N** – Naměřená hodnota = 2

Díky hodnotě parametru Cell ID lze dohledat již zmíněnou pozici BTS stanice na internetových stránkách www.gsmweb.cz.

1. Metoda CGI bez uvážení směrových pásem

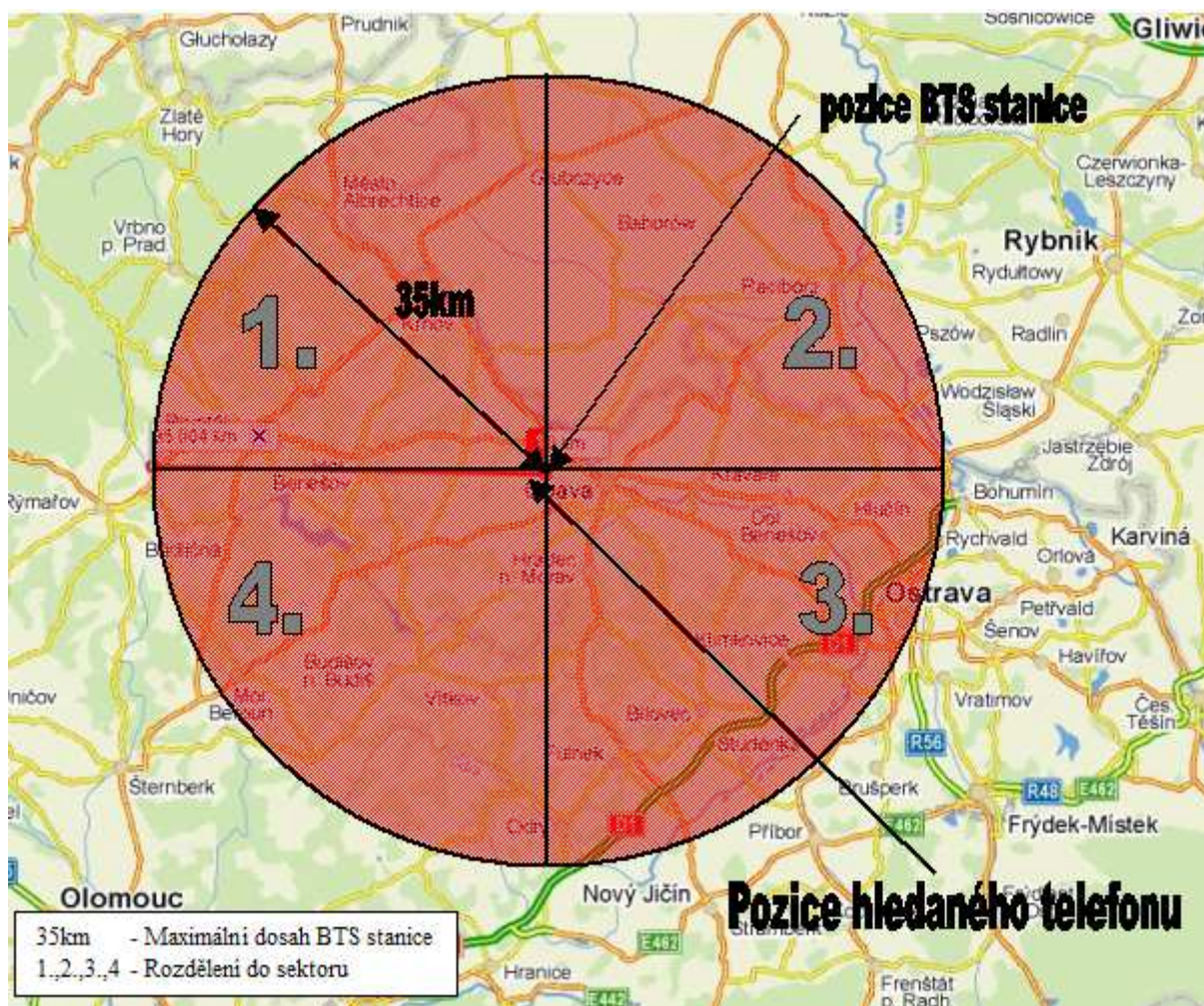
Je-li známa pouze hodnota parametru Cell ID, lze určit okruh s poloměrem maximálního dosahu dané BTS stanice, ve kterém se lokalizovaný mobil nachází. V tomto případě to bylo 35 km. Tento okruh je na obrázku vyznačen červenou barvou – viz obr. 10.



Obr. 10: Metoda CGI bez uvážení směrových pásem

2. Metoda CGI s uvážení směrových pásem

V současné době jsou BTS stanice konstruovány tak, že vyzařují do několika směrových pásem. Počet pásem je dán počtem osazených vysílačů/přijímačů. Jejich počet je z pravidla 3 až 8. Tomu odpovídají rozsahy směrových pásem 120° až 45°. Je-li známo Cell ID daného sektoru, ve kterém se nachází hledaný mobilní telefon, přesnost lokalizace se zvýší. Sektory v tomto měření jsou označeny čísly 1., 2., 3., 4. Hledaný mobilní telefon se nacházel v sektoru 4. – viz obr. 11.



Obr. 11: Metoda CGI s uvážením směrových pásem

3. Metoda CGI + TA bez uvážení směrových pásem

Je-li známa hodnota parametru Cell ID a TA, lze přesnost pozice výrazně zvýšit. Hodnota parametru TA se určuje z časového zpoždění přenosu rádiového signálu mezi mobilem a sítí. V tomto případě byla naměřena hodnota parametru $TA_N = 2$. TA nabývá hodnot 1 až 63, jedna jednotka pak znamená 547 m, přičemž se vždy k této hodnotě připočítá parametr TA_0 , jenž opět nabývá hodnoty 547 m.

Přepočet maximální hodnoty parametru TA na vzdálenost:

$$Vzdálenost = TA \cdot TA_0 + TA_0$$

$$Vzdálenost = 63 \cdot 547 + 547$$

$$Vzdálenost = 35\,008\text{ m}$$

U tohoto přepočtu byla ověřena správnost daného postupu, jelikož maximální hodnota TA odpovídá maximálnímu dosahu BTS stanic. Často se můžeme setkat s tím, že jedna jednotka TA a TA_0 odpovídá vzdálenosti 550 m, což je jen zaokrouhlení hodnoty 547 m.

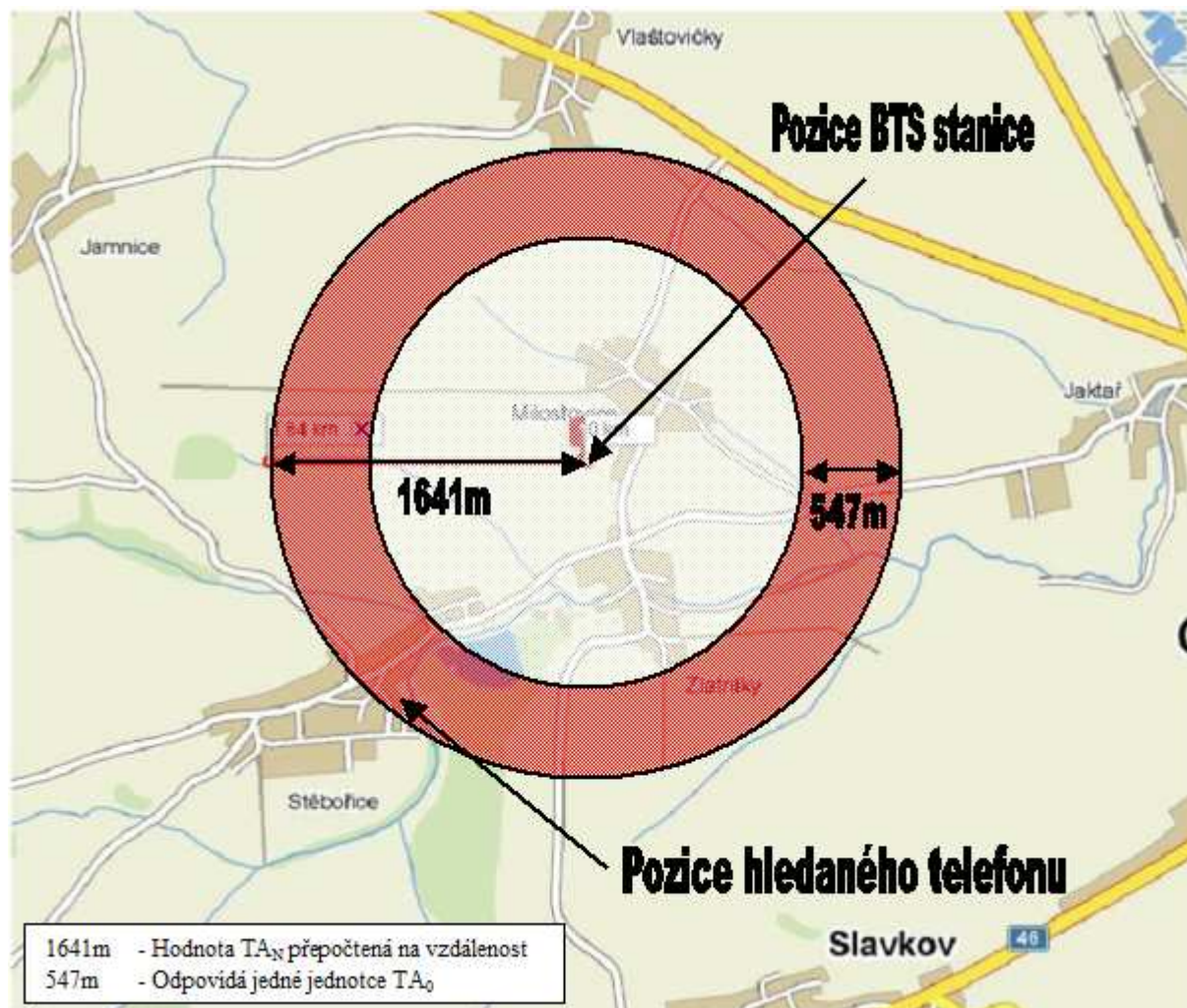
Přepočet naměřené hodnoty na vzdálenost:

$$Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$$

$$Vzdálenost = 2 \cdot 547 + 547$$

$$Vzdálenost = 1\,641\text{ m}$$

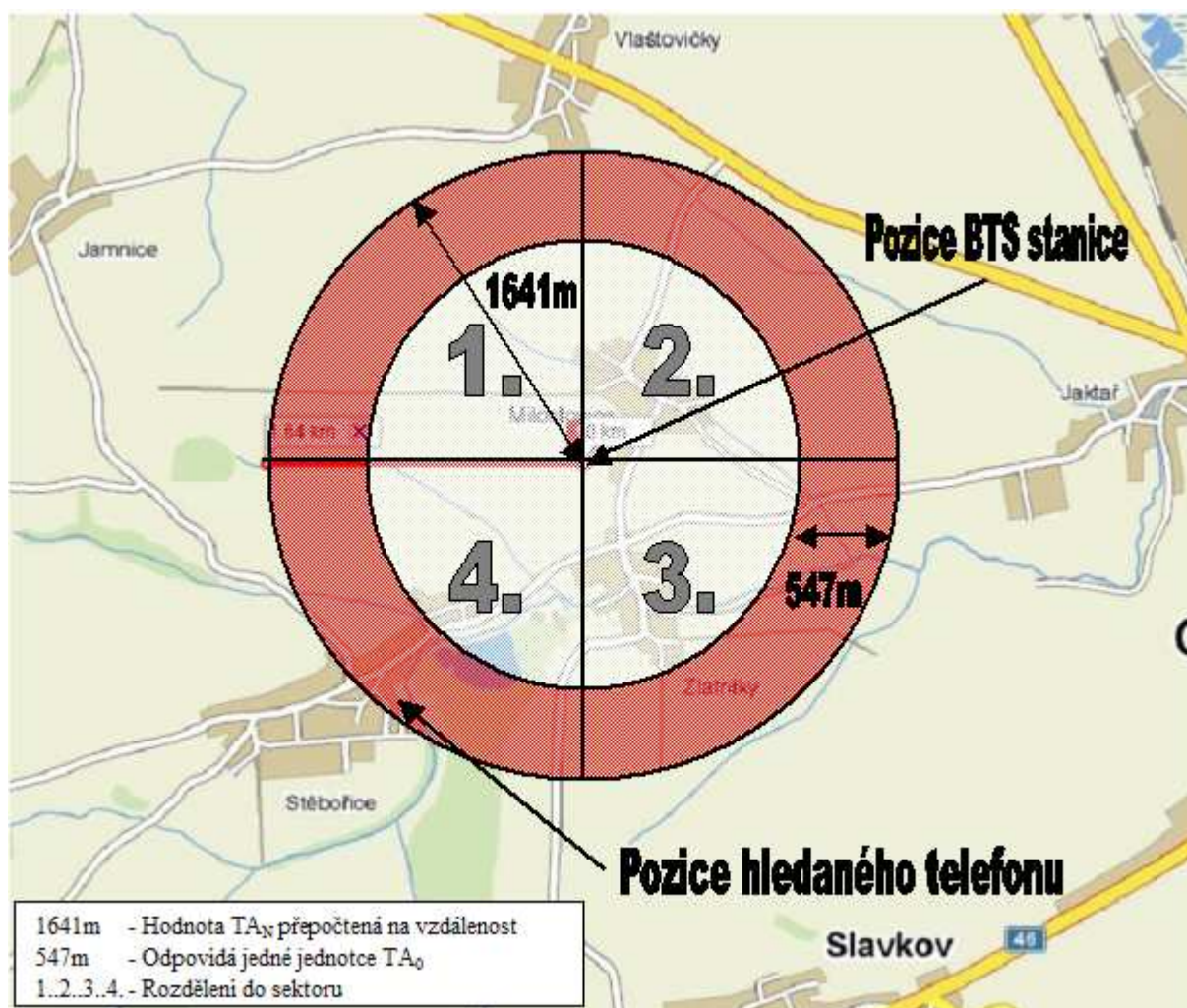
Pásma vyznačené červenou barvou odpovídá jedné jednotce TA_0 , tudíž 547 m. Toto pásmo pak vyznačuje mezikružní oblast kolem BTS stanice, ve které se nacházel hledaný mobilní telefon – viz obr. 12.



Obr. 12: Metoda CGI + TA bez uvážení směrových pásem

4. Metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem

Všechny hodnoty jsou totožné s předchozím případem. Zde je jen doplnění o rozdělení sektorů. V tomto případě se hledaný mobilní telefon nacházel v mezikruhové výšce pásma a v sektoru 4. – viz obr. 13.



Obr. 13: Metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem

12.2 Odzkoušení služby „Kde je...“ a následné ověření pomocí měření

Tato služba byla využita k ověření přesnosti lokalizace při znalosti všech informací, které zná jen operátor. Pro lokalizaci hledaného mobilního telefonu byla využita metoda vyhledání přes internet, což je nejlepší a nejpohodlnější možnost, kterou T-Mobile nabízí. Jelikož je přesnost přímo závislá na hustotě sítě v daném místě, bylo provedeno zjištění pozice jak v krajině s minimálním osídlením, tak ve městě, kde je nejvyšší hustota sítě. Při každém z provedených měření bylo nejdříve využito této služby a následně byla provedena lokalizace pomocí přímého měření na souřadnicích hledaného mobilního telefonu.

Lokalizace v krajině s minimálním osídlením provedena operátorem

V krajině s minimálním osídlením se využívá méně BTS stanic než ve městě. Je to dáno především tím, že je zde menší zatížení sítě. Proto je zde lokalizace hledaného zařízení komplikovanější a méně přesná.

Po vyslání požadavku na určení pozice hledaného mobilního telefonu byly doručeny od operátora T-Mobile tyto informace:

- datum a čas – 20.02.2011 18:25:06
- hledané tel. číslo – 731XXXXXX
- popis místa, okres – Opava
- obec – Opava
- městský obvod – Zlatníky
- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17.84428 °
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49.93539 °
- odhad přesnosti (+/-) – 1000 – 500m
- mapa – viz obr. 14

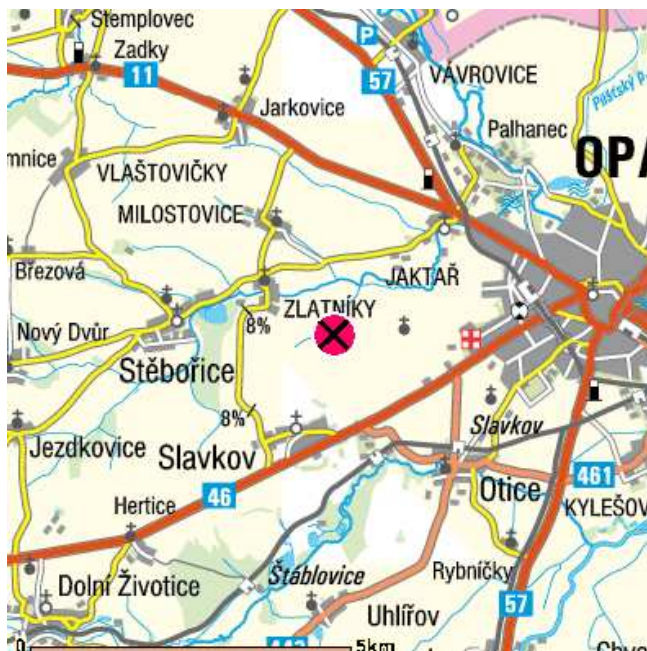
Jelikož služba „Kde je...“ poskytuje GPS souřadnice ve formátu, který nepodporují www.mapy.cz, ve kterých byla ověřena pozice určená operátorem, je nutné je převést:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17.91843 ° = 17°50'39.408"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49.93281 ° = 49°56'7.404"

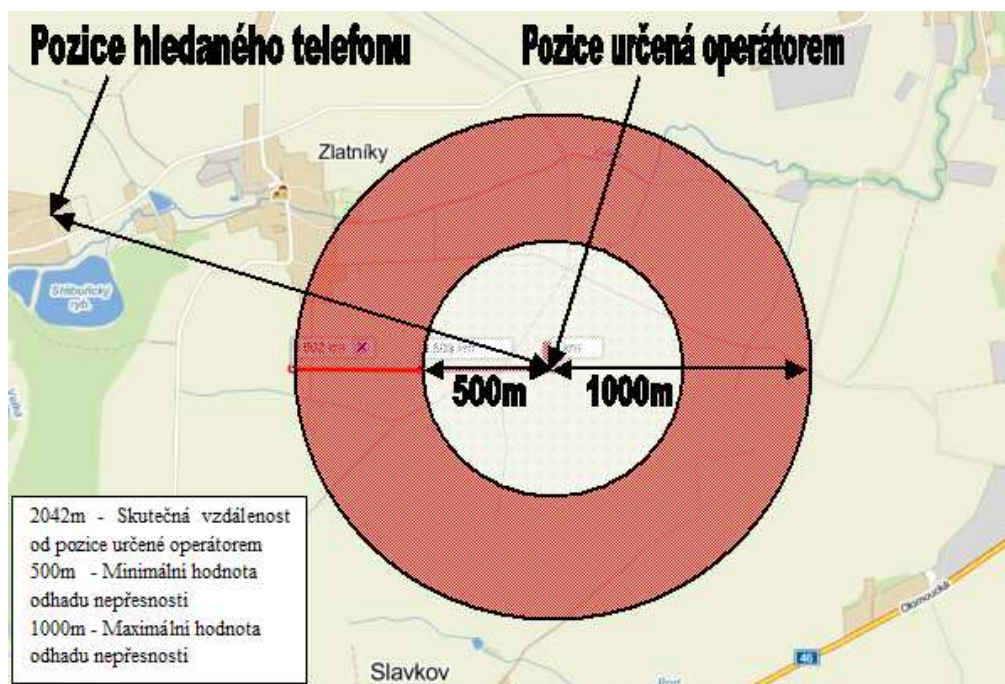
Přehled mnou získaných informací:

- zeměpisná délka hledaného mobilního telefonu, E (Longitude) – 17°49'1.851"
- zeměpisná šířka hledaného mobilního telefonu, N (Latitude) – 49°56'29.893"
- skutečná vzdálenost hledaného mobilního telefonu od bodu určeného operátorem T-Mobile – 2 042 m

Po srovnání doručených a mnou získaných informací byla zjištěna skutečná vzdálenost od bodu, který určil operátor T-Mobile. Skutečná vzdálenost však neodpovídá ani maximálnímu odhadu přesnosti – viz obr. 15.



Obr. 14: Pozice hledaného mobilního telefonu určená operátorem T-Mobile



Obr. 15: Ověření pozice v krajině s minimálním osídlením pomocí www.mapy.cz

Lokalizace ve městě s větší hustotou sítě provedena operátorem

Ve městě se využívá více BTS stanic, než je tomu v lokalitě s minimálním osídlením, jelikož je zde větší zatížení sítě. Díky tomu lze přesněji určit pozici hledaného mobilního telefonu.

Stejně jako v předchozím případě, i zde po vyslání požadavku na určení pozice hledaného mobilního telefonu poskytl operátor T-Mobile tyto informace:

- datum a čas – 21.02.2011 13:59:28
- hledané tel. číslo – 731XXXXXX
- popis místa – okres – Opava
- obec – Opava
- městsky obvod – Polní
- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17.91843 °
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49.93281 °
- odhad přesnosti (+/-) – 1000 – 500m
- mapa – viz obr. 16

Opět bylo nutné převést GPS souřadnice poskytnuté operátorem T-Mobile do formátu, který podporují www.mapy.cz, aby bylo možné ověřit pozici.

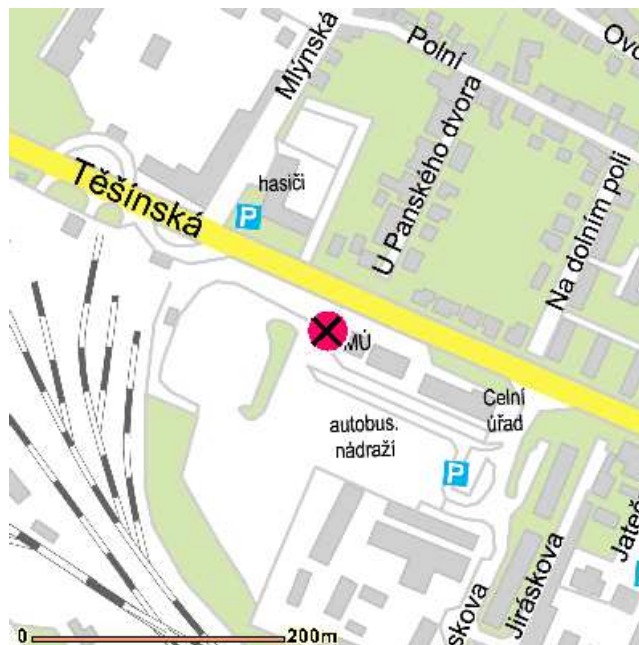
Převedení GPS souřadnic:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17.91843 ° = 17°55'6.348"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49.93281 ° = 49°55'58.116"

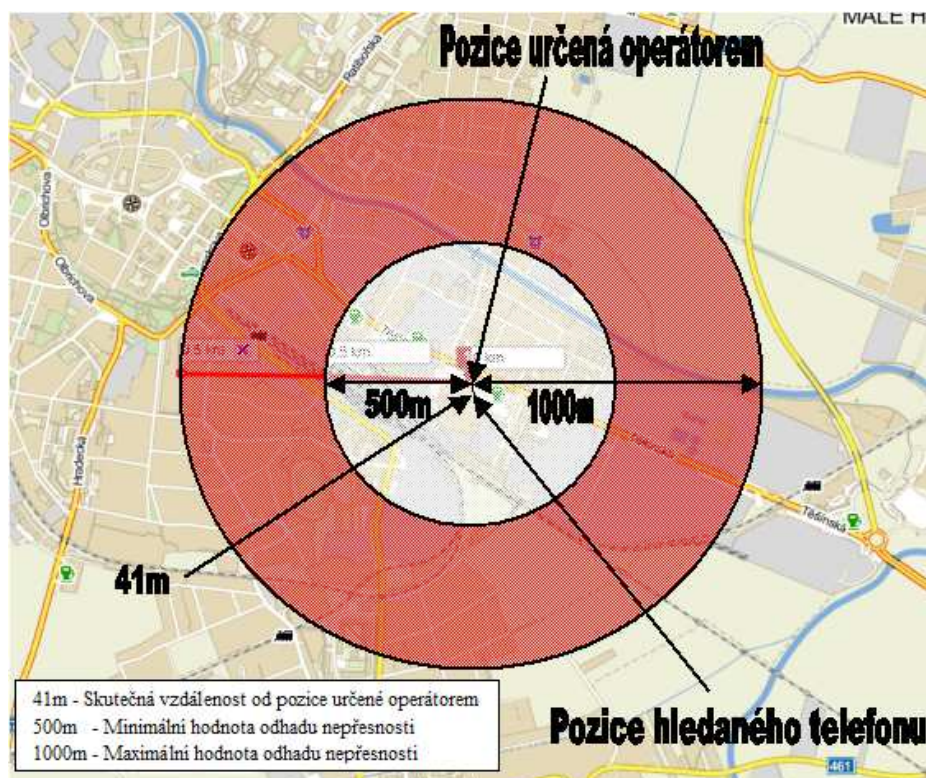
Přehled mnou získaných informací:

- zeměpisná délka hledaného mobilního zařízení, E (Longitude) – $17^{\circ}55'5.388''$
- zeměpisná šířka hledaného mobilního zařízení, N (Latitude) – $49^{\circ}55'56.965''$
- skutečná vzdálenost hledaného mobilního telefonu od bodu určeného operátorem T-Mobile – 41 m

V tomto případě byla skutečná vzdálenost v intervalu minimálního odhadu nepřesnosti a operátor určil hledaný mobilní telefon s chybou 41 m. T-Mobile však využívá ještě zastaralé mapy, určil pozici hledaného mobilního telefonu kousek od starého autobusového nádraží, kde nyní stojí obchodní dům Tesco – viz obr. 17.



Obr. 16: Pozice hledaného mobilního telefonu určená operátorem T-Mobile



Obr. 17: Ověření pozice ve městě s větší hustotou sítě pomocí www.mapy.cz

Ověření pozice v krajině s minimálním osídlením pomocí měření

Pro určení pozice hledaného mobilního telefonu je důležité znát umístění BTS stanice, na kterou je tento mobil současně přihlášen. Proto bylo nutné na tomto místě provést měření pomocí programu Fieldtest Lite, aby bylo zjištěno, o kterou BTS stanici se jedná. V tomto případě se jednalo o dvě BTS stanice, které byly označeny BTS stanice 1. a BTS stanice 2. Pomocí stránek www.gsmweb.cz bylo nalezeno umístění a souřadnice těchto BTS stanic. BTS stanice 1. se nacházela ve Slavkově a byla umístěna na vodojemu. BTS stanice 2. se nacházela v Opavě–Jaktaři a byla umístěna na kostele sv. Petra a Pavla. Jelikož nebyly známy informace o daných BTS stanicích, předpokládalo se, že rozmístění jednotlivých vysílačů mělo směrové pokrytí 120°.

Pro určení pozice mobilního telefonu byla použita tato metoda:

- metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem

Souřadnice BTS stanice 1.:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17°49'45.227"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49°55'2.448"

Souřadnice BTS stanice 2.:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17°52'7.703"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49°56'55.275"

Souřadnice mé pozice a hledaného mobilního telefonu při měření:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – 17°49'1.851"
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – 49°56'29.893"

Na místě, kde se nacházel hledaný mobilní telefon, byly naměřeny pomocí programu Fieldtest Lite tyto parametry:

- Cell ID – BTS stanice 1. = 42676
- Cell ID – BTS stanice 2. = 42512
- TA_N – Hodnota BTS stanice 1. = 5
- TA_N – Hodnota BTS stanice 2. = 7

Přepoččet TA_N na vzdálenost:

BTS stanice 1. – $Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$

$$Vzdálenost = 5 \cdot 547 + 547$$

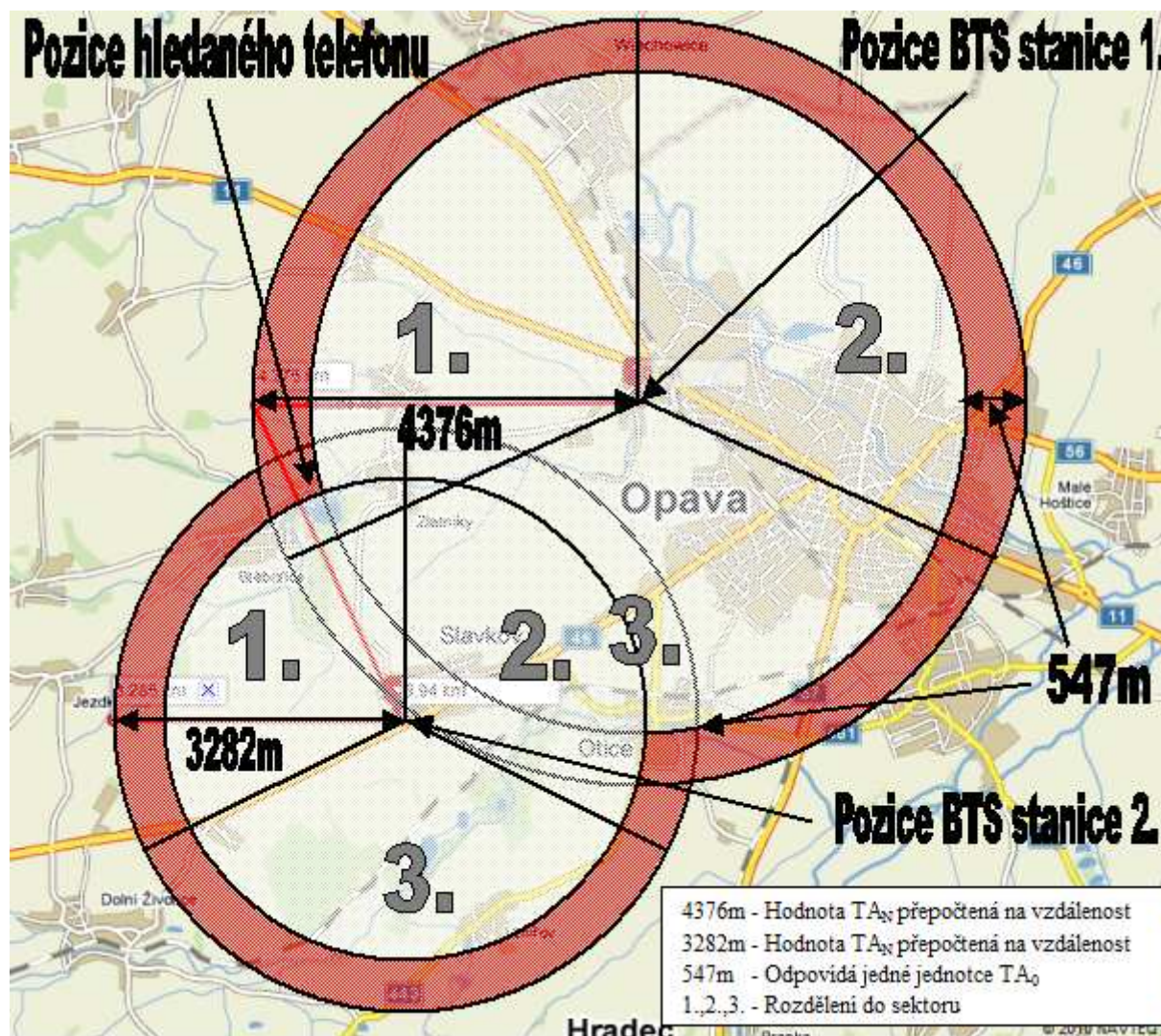
$$Vzdálenost = 3282m$$

BTS stanice 2. – $Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$

$$Vzdálenost = 7 \cdot 547 + 547$$

$$Vzdálenost = 4376m$$

V tomto případě je zřejmé, jak se přesnost pozice hledaného mobilního telefonu zvýšila na oblast průniku jednotlivých mezikruhových pásem BTS stanic – viz obr. 18.



Obr. 18: *Ověření pozice v krajině s minimálním osídlením pomocí měření*

Ověření pozice ve městě s větší hustotou sítě pomocí měření

Jako v minulém případě, i zde byl použit stejný postup pro určení pozice BTS stanice. V tomto případě se jednalo o tři BTS stanice, které byly označeny jako BTS stanice 1., BTS stanice 2. a BTS stanice 3. BTS stanice 1. se nacházela v Opavě, na ulici Zeyerova 1426/4 a byla umístěna na panelovém domě. BTS stanice 2. se nacházela v Opavě, na ulici Těšínská 2672/42 a byla umístěna na budově kousek od obchodního řetězce Tesco. BTS stanice 3. se nacházela v Opavě – Kylešovicích, na ulici Liptovská 966-7/22-24 a byla umístěna na panelovém domě. Jelikož nebyly známy informace o daných BTS stanicích, předpokládalo se, že rozmístění jednotlivých vysílačů mělo směrové pokrytí 120°.

Pro určení pozice mobilního telefonu byla použita tato metoda:

- metoda CGI + TA s uvážením směrových pásem

Souřadnice BTS stanice 1.:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – $17^{\circ}54'28.502''$
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – $49^{\circ}56'32.019''$

Souřadnice BTS stanice 2.:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – $17^{\circ}55'7.774''$
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – $49^{\circ}55'57.625''$

Souřadnice BTS stanice 3.:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – $17^{\circ}54'45.803''$
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – $49^{\circ}55'10.716''$

Souřadnice mé pozice a hledaného mobilního telefonu při měření:

- zeměpisná délka, E (Longitude) – $17^{\circ}55'5.388''$
- zeměpisná šířka, N (Latitude) – $49^{\circ}55'56.965''$

Opět bylo na místě hledaného mobilního telefonu provedeno měření pomocí programu Fieldtest Lite a byly naměřeny tyto parametry:

- Cell ID – BTS stanice 1. = 35308
- Cell ID – BTS stanice 2. = 35316
- Cell ID – BTS stanice 3. = 35317
- TA_N – Hodnota BTS stanice 1. = 2
- TA_N – Hodnota BTS stanice 2. = 0
- TA_N – Hodnota BTS stanice 3. = 2

Přepočet TA_N na vzdálenost:

BTS stanice 1. – $Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$

$$Vzdálenost = 2 \cdot 547 + 547$$

$$Vzdálenost = 1641m$$

BTS stanice 2. – $Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$

$$Vzdálenost = 0 \cdot 547 + 547$$

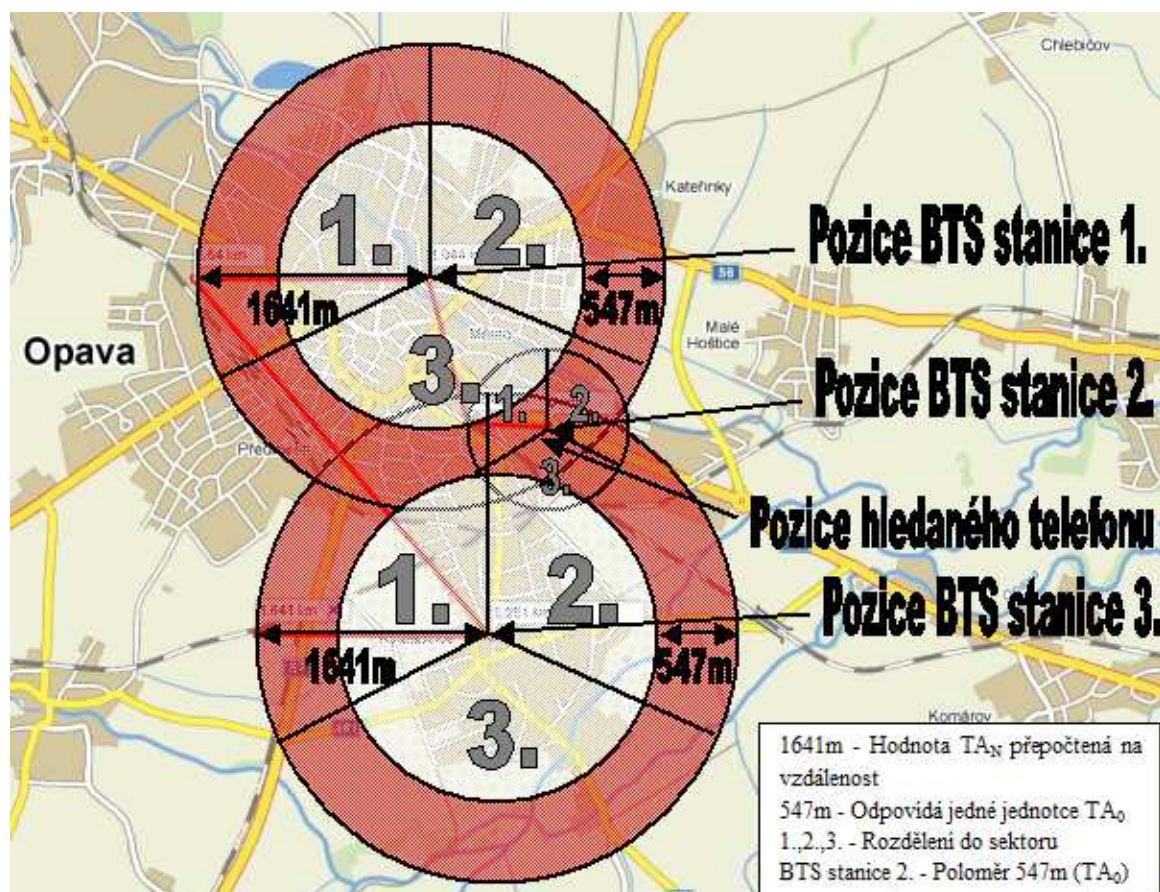
$$Vzdálenost = 547m$$

BTS stanice 3. – $Vzdálenost = TA_N \cdot TA_0 + TA_0$

$$Vzdálenost = 2 \cdot 547 + 547$$

$$Vzdálenost = 1641m$$

Přesnost lokalizace mobilního telefonu byla mnohem větší než v předešlých případech, jelikož došlo k průniku pásem tří BTS stanic. Významnou roli zde hrála i směrová pokrytí vysílačů/přijímačů od BTS stanic 2. a 3. – viz obr. 19.



Obr. 19: Ověření pozice ve městě s větší hustotou sítě pomocí měření

12.3 Vliv materiálu překážky na úroveň signálu

Tab. 5: Úrovně signálu – bez překážky

Naměřené hodnoty bez překážky	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-42
2	-42
3	-42
4	-42
5	-42
6	-42
7	-42
8	-42
9	-42
10	-42
11	-42
12	-42
13	-42
14	-42
15	-42
16	-42
17	-42
18	-42
19	-42
20	-42
.	.
.	.
.	.
92	-42
93	-42
94	-42
95	-42
96	-42
97	-42
98	-42
99	-42
100	-42
Průměr	-42
Medián	-42
Minimum	-42
Maximum	-42
Rozptyl	-0



Obr. 20: Anténa bez překážky

Cílem tohoto měření bylo ověřit vliv materiálu překážky, vřazené mezi GSM modul (MC75i EDGE Terminál) a BTS stanici, na úroveň signálu. Měření bylo provedeno s přímým výhledem na BTS stanici ve vzdálenosti 927m a v cestě signálu nebyla žádná jiná překážka. Nejprve bylo provedeno měření bez překážky viz tab. 5 a následně byly do signálové cesty postupně přikládány překážky z různých materiálu.

Překážky byly zhotoveny z těchto materiálu:

- Ytong viz obr. 21
- dřevo viz obr. 22
- karton viz obr. 23
- polystyren viz obr. 24
- molitan viz obr. 25

U každého měření bylo snímáno 100 vzorků úrovně signálu pomocí programu GSM BTS.

Tab. 6: Úrovně signálu – Ytong

Naměřené hodnoty - Ytong	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-42
2	-42
3	-42
4	-42
5	-42
6	-42
7	-42
8	-42
9	-42
10	-42
11	-42
12	-42
13	-42
14	-42
15	-42
16	-42
17	-42
18	-42
19	-42
20	-42
.	.
.	.
.	.
90	-42
91	-42
92	-42
93	-42
94	-42
95	-42
96	-42
97	-42
98	-42
99	-42
100	-42
Průměr	-42
Medián	-42
Minimum	-42
Maximum	-42
Rozptyl	-0



Obr. 21: Překážka z Ytongu

Rozměry překážky:

- výška 17 cm
- šířka 15 cm
- délka 19 cm
- tloušťka stěny překážky 2 cm

Tab. 7: Úrovně signálu – dřevo

Naměřené hodnoty - Dřevo	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-44
2	-44
3	-44
4	-44
5	-44
6	-44
7	-44
8	-44
9	-44
10	-44
11	-44
12	-44
13	-44
14	-44
15	-44
16	-44
17	-44
18	-44
19	-44
20	-44
.	.
.	.
.	.
90	-44
91	-44
92	-44
93	-44
94	-44
95	-44
96	-44
97	-44
98	-44
99	-44
100	-44
Průměr	-44
Medián	-44
Minimum	-43
Maximum	-44
Rozptyl	-0,0475



Obr. 22: Překážka ze dřeva

Rozměry překážky:

- výška 17 cm
- šířka 15 cm
- délka 19 cm
- tloušťka stěny překážky 2 cm

Tab. 8: Úrovně signálu – karton

Naměřené hodnoty - Karton	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-42
2	-42
3	-42
4	-42
5	-42
6	-42
7	-42
8	-42
9	-42
10	-42
11	-42
12	-42
13	-42
14	-42
15	-42
16	-42
17	-42
18	-42
19	-42
20	-42
.	.
.	.
.	.
90	-42
91	-42
92	-42
93	-42
94	-42
95	-42
96	-42
97	-42
98	-42
99	-42
100	-42
Průměr	-42
Medián	-42
Minimum	-42
Maximum	-42
Rozptyl	-0



Obr. 23: Překážka z kartonu

Rozměry překážky:

- výška 17 cm
- šířka 15 cm
- délka 19 cm
- tloušťka stěny překážky 2 cm

Tab. 9: Úrovně signálu – polystyren

Naměřené hodnoty - Polystyren	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-43
2	-43
3	-43
4	-42
5	-42
6	-42
7	-42
8	-42
9	-42
10	-42
11	-42
12	-42
13	-42
14	-42
15	-42
16	-42
17	-42
18	-42
19	-42
20	-42
.	.
.	.
.	.
90	-42
91	-42
92	-42
93	-42
94	-42
95	-42
96	-42
97	-42
98	-42
99	-42
100	-42
Průměr	-42
Medián	-42
Minimum	-42
Maximum	-43
Rozptyl	-0,1131



Obr. 24: Překážka z polystyrenu

Rozměry překážky:

- výška 17 cm
- šířka 15 cm
- délka 19 cm
- tloušťka stěny překážky 2 cm

Tab. 10: Úrovně signálu – molitan

Naměřené hodnoty - Molitan	
Hodnoty	RxLevel [dBm]
1	-43
2	-44
3	-44
4	-44
5	-44
6	-44
7	-44
8	-44
9	-44
10	-44
11	-43
12	-43
13	-43
14	-43
15	-44
16	-44
17	-44
18	-44
19	-44
20	-44
.	.
.	.
.	.
95	-43
96	-43
97	-43
98	-43
99	-43
100	-43
Průměr	-43
Medián	-43
Minimum	-43
Maximum	-44
Rozptyl	-0,2331



Obr. 25: Překážka z molitanu

Rozměry překážky:

– výška	17 cm
– šířka	15 cm
– délka	19 cm
– tloušťka stěny překážky	2 cm

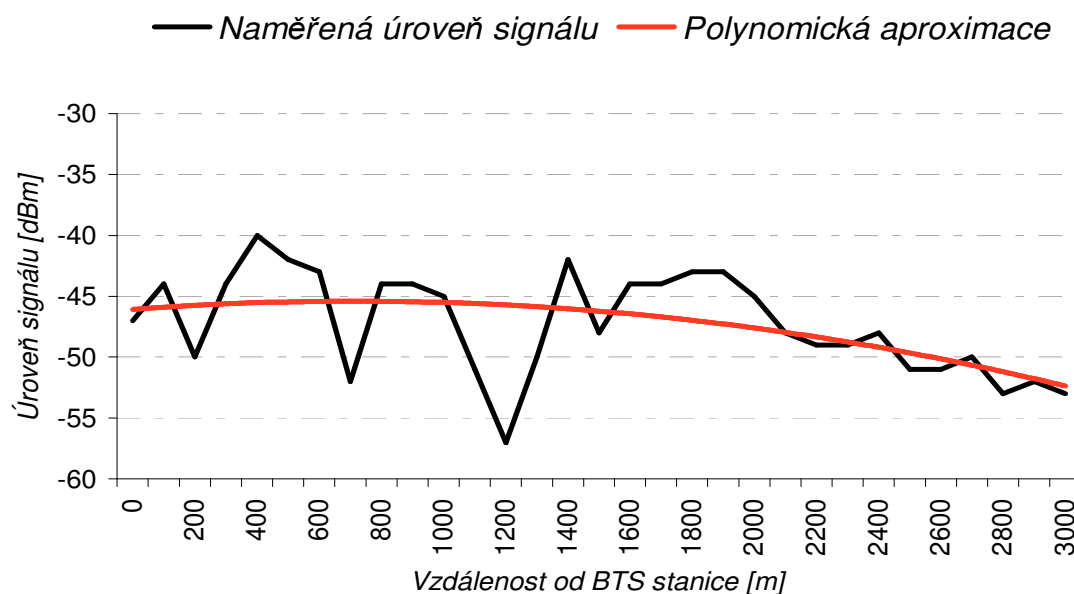
Shrnutí naměřených výsledků

Z provedených měření zcela jednoznačně vyplývalo, že žádná překážka zhotovená z výše popsaných materiálů a vřazená do signálové cesty neměla na intenzitu signálu zásadní vliv. Drobné odchylky úrovně signálu byly způsobeny spíše kolísáním intenzity vysílaného signálu.

12.4 Měření úrovně signálu BTS stanice

Cílem tohoto měření bylo ověření vlivu vzdálenosti od BTS stanice na pokles úrovně signálu. Měření bylo provedeno způsobem snímání 50 vzorků úrovně signálu [dBm] na každé měřené pozici po 100 metrech pomocí programu GSM BTS a GSM modulu. Následně byl z těchto naměřených hodnot vypočten průměr, medián, minimum, maximum a rozptyl – viz tab. 11. Po celou dobu měření nestála v signálové cestě žádná překážka, která by zásadním způsobem měření ovlivnila.

Graf. 1: Závislost poklesu úrovně signálu na vzdálenost od BTS stanice



V tomto měření byl ověřen vliv vzdálenosti od BTS stanice na pokles úrovně signálu. Maximální úroveň signálu byla zjištěna na 1 000 m. Pokles úrovně signálu směrem k BTS stanici byl dán horizontálním nastavením vysílače a pokles úrovně signálu při rostoucí se vzdálenosti byl dán rostoucí plochou pokrytí, a tudíž nižší intenzitou.



Obr. 26: Měřená BTS stanice

Tab. 11: Úrovně signálu měřené po stech metrech

Vzdálenost [m]	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl
0	-47	-47	-41	-47	-2,20607
100	-44	-44	-42	-49	-4,34602
200	-50	-49	-48	-53	-1,06190
300	-44	-44	-43	-45	-0,32987
400	-40	-40	-39	-44	-1,66628
500	-42	-41	-40	-48	-3,63322
600	-43	-43	-41	-45	-0,98116
700	-52	-51	-47	-59	-9,18877
800	-44	-46	-39	-47	-11,12572
900	-44	-45	-38	-47	-9,13110
1 000	-45	-46	-43	-47	-1,88235
1 100	-51	-51	-49	-56	-1,04268
1 200	-57	-57	-56	-58	-0,40369
1 300	-50	-50	-50	-52	-0,39908
1 400	-42	-40	-39	-51	-11,23491
1 500	-48	-48	-46	-56	-1,98616
1 600	-44	-44	-42	-46	-1,64552
1 700	-44	-43	-41	-51	-7,53633
1 800	-43	-43	-41	-52	-4,45060
1 900	-43	-42	-41	-53	-3,33180
2 000	-45	-45	-43	-46	-0,64667
2 100	-48	-47	-46	-51	-1,38255
2 200	-49	-49	-48	-51	-0,42983
2 300	-49	-48	-47	-64	-5,24798
2 400	-48	-47	-45	-66	-7,85544
2 500	-51	-51	-49	-52	-0,78739
2 600	-51	-51	-50	-59	-2,96040
2 700	-50	-50	-49	-54	-0,87735
2 800	-53	-53	-51	-54	-0,45444
2 900	-52	-52	-51	-53	-0,67666
3 000	-53	-53	-52	-55	-0,65975

13 DISKUZE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

V prvním měření bylo odzkoušeno určování pozice mobilního telefonu pomocí jedné BTS stanice. Obrázky se díky tomu staly přehlednějšími a dalo se v nich lépe orientovat. Hlavním důvodem bylo základní vysvětlení jednotlivých metod. Tyto metody byly CGI bez a s uvážením směrových pásem a metoda CGI+TA bez a s uvážením směrových pásem. U metody CGI bez uvážení směrových pásem byl nejdůležitější parametr Cell ID. Pomocí tohoto parametru bylo možno určit o jakou BTS stanici se jedná a vymežit tak kolem ní kruhové pásmo, ve kterém se hledaný mobilní telefon nacházel. Poloměr kruhového pásma odpovídal dosahu této BTS stanice, tedy 35 km. Metoda CGI s uvážením směrových pásem doplnila předešlé určení jen o směrová pásma daných vysílačů/přijímačů. Toto kruhové pásmo se tak rozdělilo na 4 sektory a zvýšila se přesnost pozice na kruhovou výseč. U tohoto měření se hledaný mobilní telefon nacházel v sektoru 4. Toto rozdělení do sektoru bylo provedeno na základě vizuálního pohledu na jednotlivé přijímače/vysílače měřené BTS stanice. U metody CGI+TA bez uvážení směrového pásma došlo díky parametru TA k výraznému zvýšení přesnosti. Parametr TA toto kruhové pásmo zmenšil na mezikružší, jehož šířka odpovídá hodnotě TA_0 , tedy 547 m. Metoda CGI+TA s uvážením směrového pásma opět doplnila předešlé určení pozice o směrová pásma jednotlivých přijímačů/vysílačů. Toto mezikružní pásmo se tak rozdělilo na 4 sektory a zvýšila se přesnost pozice na mezikruhovou výseč. U všech těchto měření se hledaný mobilní telefon nacházel v určeném mezikruhovém pásmu nebo mezikruhové výseči, takže lze předpokládat že měření bylo korektní.

V dalším měření byla využita aplikace od T-Mobile s názvem „Kde je...“. Účelem měření bylo zjistit, jak operátor určí pozici hledaného mobilního telefonu při znalostech všech informací. Určení pozice hledaného mobilního telefonu bylo provedeno ve dvou lokalitách, a to z toho důvodu, že sám operátor na svých stránkách udává, že přesnost lokalizace v oblasti s minimálním osídlením se může lišit od lokalizace v oblasti s vyšším osídlením. Je to dáno především tím, že v lokalitách s minimálním osídlením je využito mnohem méně BTS stanic než ve městech, a to z toho důvodu, že v lokalitách s minimálním osídlením není takové vytížení sítě. Proto se, při zaslání požadavku operátorovi T-Mobile na určení pozic, nacházel hledaný mobilní telefon v krajině s minimálním osídlením a po druhém vyslání požadavku ve městě. Po doručení informací o hledaném mobilním telefonu pro krajinu s minimálním osídlením bylo zjištěno, že operátor určil pozici hledaného mobilního telefonu s velkou nepřesností. Mobilní telefon se nacházel mimo oblast maximální nepřesnosti určení polohy stanovené operátorem. Chyba určení byla 2 042 m. Ve druhém případě určil operátor T-Mobile pozici hledaného mobilního telefonu s chybou 41 m. Mapový podklad od operátora odpovídal však ještě zastaralým mapám – na místě autobusového nádraží stojí v současné době obchodní dům Tesco. Následně na souřadnicích hledaného mobilního telefonu bylo provedeno kontrolní měření pomocí programu Fieldtest Lite. Toto měření bylo provedeno v krajině s minimálním osídlením a ve městě. U obou měření byla pro určení pozice použita metoda CGI+TA s uvážením

směrových pásem. Určení pozice v krajině s minimálním osídlením bylo mnohem přesnější než v případě, kdy tuto pozici určoval operátor. Došlo zde k průniku dvou mezikruhových výsečí od dvou BTS stanic, čímž došlo ke zvýšení přesnosti určení pozice hledaného mobilního telefonu. Ve městě bylo provedeno stejné měření jako v předešlém případě, jenže zde došlo k průniku dvou mezikruhových výsečí a jedné kruhové oblasti od tří BTS stanic. Díky těmto průnikům se přesnost určené pozice zvýšila až na desítky metrů. Významnou roli zde hrála i směrová pokrytí vysílačů/přijímačů od BTS stanic 2. a 3. Určená pozice hledaného mobilního telefonu vyšla podobně jako od operátora.

V následujícím měření bylo cílem ověření vlivu materiálu překážky, vřazené mezi GSM modul (MC75i EDGE Terminál) a BTS stanici, na úroveň signálu. Vzdálenost mezi BTS stanicí a GSM modulem byla 927 m a v cestě signálu nebyla žádná jiná překážka, která by zásadním způsobem toto měření ovlivnila. U každého měření bylo snímáno 100 vzorků úrovně signálu pomocí programu GSM BTS. Překážky byly zhotoveny z těchto materiálů: Ytong, dřevo, karton, polystyren a molitan. Všechny tyto překážky měly stejné rozměry a tloušťku. Měřením bylo zjištěno, že ani jedna překážka vřazená do signálové cesty neměla na úroveň signálu vliv. Malé odchylky v hodnotách byly způsobeny spíše kolísáním intenzity signálu.

Poslední měření ověřilo vliv vzdálenosti od BTS stanice na pokles úrovně signálu. Měření bylo provedeno tak, že každých 100 metrů se snímalo 50 vzorků úrovně signálu [dBm] pomocí programu GSM BTS. Z těchto hodnot pak byl vypočten průměr, medián, minimum, maximum a rozptyl. V době měření nebyla v signálové cestě žádná překážka, která by toto měření zásadním způsobem ovlivnila. Pokles úrovně signálu při této vzdálenosti je jen v jednotkách, ale pro větší vzdálenost by byl mnohem více patrný. Úroveň signálu se pohybovala ve většině případů od -30dBm až do -90dBm. Hodnota -105dBm se udává jako hraniční. U této hodnoty již nelze s BTS stanicí navázat spojení. Hodnota -105dBm tedy odpovídá maximálnímu dosahu BTS stanice. Aby bylo možné dojít k této hodnotě při měření, byla by zapotřebí mnohem větší vzdálenost. Hlavním problémem tohoto měření bylo neopustit zvolené směrové pásmo měřeného vysílače/přijímače, a proto bylo nutné dodržovat směr pokrytí.

14 ZÁVĚR

Před začátkem měření a zpracování údajů GSM a UMTS signálů bylo nutné pochopit, jak oba tyto systémy pracují. Proto došlo k obeznámení se s jednotlivými parametry a architekturou GSM a UMTS systémů. V této práci se však podařilo měření a zpracování naměřených hodnot jen u GSM systému, a to z toho důvodu, že výsledná aplikace GSM BTS není na sběr UMTS signálů naprogramována. Tato aplikace byla vyvíjena na základě konzultací s panem Ing. Daliborem Janckulíkem.

V praktické části byly využity parametry jako je Cell ID a TA, které byly získány pomocí měření. Tyto parametry se daly vhodně využít pro určování pozice hledaného mobilního telefonu. Pro doplnění parametru TA byla použita volně dostupná aplikace Fieldtest Lite. U určování pozice bylo nutné seznámit se s jednotlivými metodami. Metodami byly: CGI bez a s uvážením směrových pásem a CGI+TA bez a s uvážením směrových pásem. U těchto metod došlo ke správnému vymezení oblasti, ve kterých se hledaný mobilní telefon nacházel, a proto lze říci, že měření a určení pozice proběhlo korektně.

K dalšímu určení pozice byla využita aplikace od operátora T-Mobile s názvem „Kde je ...“, a to z toho důvodu, aby bylo ověřeno, jak sám operátor určí pozici hledaného mobilního telefonu za předpokladu znalostí všech informací. Toto určení pozice proběhlo ve dvou lokalitách. První byla krajina s minimálním osídlením a druhá ve městě, kde je vyšší hustota sítě. Následně na souřadnicích hledaného mobilního telefonu bylo provedeno kontrolní měření. U krajiny s minimálním osídlením vyšlo kontrolní určení pozice lépe než od operátora. Kontrolní určení pozice ve městě vyšlo podobně. Proto bylo možno vycházet z toho, že měření, z kterého bylo provedeno určení pozice pro obě lokality, proběhlo opět korektně. Díky tomuto ověření služby od operátora T-Mobile bylo dokázáno, že ne vždy při znalostech všech informací, je určení pozice hledaného mobilního telefonu snadno realizovatelné s velkou přesností.

Další měření se zabývalo úrovní signálu [dBm]. První měření mělo ověřit vliv materiálu překážky na úroveň signálu. Jednotlivé překážky byly zhotoveny z těchto materiálů: Ytong, dřevo, karton, polystyren a molitan. Všechny tyto překážky měly stejné rozměry. Při měření v signálové cestě po celou dobu nebyla žádná jiná překážka, která by na toto měření měla zásadní vliv. Z těchto provedených měření jednoznačně vyplynulo, že žádná překážka zhotovená z těchto materiálů, vřazená do signálové cesty, neměla na intenzitu signálu zásadní vliv. Drobné naměřené odchylky byly zřejmě způsobeny kolísáním intenzity vysílaného signálu.

Druhé a zároveň poslední měření ověřilo vliv vzdálenosti od BTS stanice na pokles úrovně signálu. U tohoto měření byla maximální úroveň signálu zjištěna na 1 000 m. Pokles úrovně signálu směrem k BTS stanici byl dán horizontálním nastavením vysílače a pokles úrovně signálu při rostoucí se vzdálenosti byl dán rostoucí plochou pokrytí, a tudíž nižší intenzitou.

15 SEZNAM LITERATURY

- [1] KUBÍK, M. Vývoj mobilních telefonů (1. díl). Databáze online [2010-9-1]. Dostupné z: <http://www.galaxie.name/index.php?clanek=vyvoj-mobilnich-telefonu-1-dil>
- [2] TÁBORSKÝ, J. První mobilní telefon - Motorola DynaTAC 8000X. Databáze online [2010-9-1]. Dostupné z: <http://vseohw.net/clanky/historie/prvni-mobilni-telefon-motorola-dynatac-8000x>
- [3] WIKIPEDIE, Advanced Mobile Phone System. Databáze online [2010-9-1]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Mobile_Phone_System
- [4] WIKIPEDIE, Nordic Mobile Telephone. Databáze online [2010-9-2]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Nordic_Mobile_Telephone
- [5] WIKIPEDIE, C-Netz. Databáze online [2010-9-2]. Dostupné z: <http://de.wikipedia.org/wiki/C-Netz>
- [6] ZANDL, P. Co prosím? Přehled jednotlivých typů mobilních sítí. Databáze online [2010-9-2]. Dostupné z: http://mobil.idnes.cz/co-prosim-prehled-jednotlivych-typu-mobilnich-siti-fhk-/mob_tech.asp?c=A990505_0001679_mob_tech
- [7] KUBÍK, M. Vývoj mobilních telefonů (3. díl). Databáze online [2010-9-2]. Dostupné z: <http://www.galaxie.name/index.php?clanek=vyvoj-mobilnich-telefonu-3-dil>
- [8] WIKIPEDIE, Radiocom 2000. Databáze online [2010-9-4]. Dostupné z: http://fr.wikipedia.org/wiki/Radiocom_2000
- [9] PIKHART, Z. Mobilní sítě. Databáze online [2010-9-5]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2004072801>
- [10] RAMBOUSEK, A. Historie mobilní komunikace. Databáze online [2010-9-5]. Dostupné z: http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xrambous_index.htm
- [11] WIKIPEDIE, Windows Mobile. Databáze online [2011-1-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Windows_Mobile
- [12] WIKIPEDIE, Windows Mobile. Databáze online [2011-1-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Mobile
- [13] WIKIPEDIE, PalmOS. Databáze online [2011-1-16]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Palm_OS
- [14] WIKIPEDIE, PalmOS. Databáze online [2011-1-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Palm_OS
- [15] WIKIPEDIE, Symbian OS. Databáze online [2011-1-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Symbian_OS
- [16] WIKIPEDIE, Symbian. Databáze online [2011-1-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Symbian_OS
- [17] WIKIPEDIE, Android (operating system). Databáze online [2011-1-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Android_os

- [18] WIKIPEDIE, Android (operační systém). Databáze online [2011-1-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Android_%28opera%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m%29
- [19] WIKIPEDIE, iOS (Apple). Databáze online [2011-1-18]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/IOS_%28Apple%29
- [20] WIKIPEDIE, iOS (Apple). Databáze online [2011-1-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/IOS_%28Apple%29
- [21] WIKIPEDIE, BlackBerry OS. Databáze online [2011-1-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/BlackBerry_OS
- [22] WIKIPEDIE, BlackBerry OS. Databáze online [2011-1-19]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/BlackBerry_OS
- [23] WIKIPEDIE, Bada. Databáze online [2011-1-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bada>
- [24] WIKIPEDIE, Bada (operating system). Databáze online [2011-1-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Bada_%28operating_system%29
- [25] WIKIPEDIE, WebOS. Databáze online [2011-1-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bada>
- [26] WIKIPEDIE, webOS. Databáze online [2011-1-22]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/WebOS>
- [27] WIKIPEDIE, MeeGo. Databáze online [2011-1-22]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/MeeGo>
- [28] TOPOLSKY, J. MeeGo: Nokia and Intel merge Maemo and Moblin. Databáze online [2011-1-22]. Dostupné z: <http://www.engadget.com/2010/02/15/meego-nokia-and-intel-merge-maemo-and-moblin/>
- [29] MOBILNÍTELEFONY.CZ, Barevný displej. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://www.mobilni-telefony-biz.cz/slovník/barevny-displej>
- [30] MOBILNÍTELEFONY.CZ, Rozlišení displeje. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://www.mobilni-telefony-biz.cz/slovník/rozliseni-displeje>
- [31] MOBILNÍTELEFONY.CZ, Infraport. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://www.mobilni-telefony-biz.cz/slovník/infraport>
- [32] MOBILNÍTELEFONY.CZ, Bluetooth. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://www.mobilni-telefony-biz.cz/slovník/bluetooth>
- [33] WIKIPEDIE, Trackball. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Trackball>
- [34] WIKIPEDIE, Smartphone. Databáze online [2010-11-4]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Smartphone>
- [35] WIKIPEDIE, IBM Simon. Databáze online [2010-11-4]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Simon

- [36] WIKIPEDIE, O2 XDA. Databáze online [2010-11-5]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/O2_Xda
- [37] WIKIPEDIE, Global System for Mobile Communications. Databáze online [2010-11-8]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
- [38] WIKIPEDIE, GSM frequency bands. Databáze online [2010-11-8]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands
- [39] DUDEK, O. Struktura sítě GSM. Databáze online [2010-11-9]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK05_semestralky/Struktura_GSM_Ondrej_Dudek.pdf
- [40] WIKIPEDIE, Systém základnových stanic. Databáze online [2010-11-11]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A9m_z%C3%A1kladnov%C3%BDch_stanic
- [41] TATARA SYSTEMS, What is a Femtocell?. Databáze online [2010-11-11]. Dostupné z: <http://www.tatarasystems.com/contentmgr/showdetails.php/id/444>
- [42] KOKEŠOVÁ, N. Principy činností soudobých mobilních komunikačních sítí. Databáze online [2010-11-9]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/staudek/mobilni/mobilni.html>
- [43] WIKIPEDIE, SIM karta. Databáze online [2010-12-5]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/SIM_karta
- [44] WIKIPEDIE, Subscriber Identity Module. Databáze online [2010-12-5]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Subscriber_Identity_Module
- [45] WIKIPEDIE, Subscriber Identity Module. Databáze online [2010-12-6]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/IMSI>
- [46] KINŠT, R. Handover v systému GSM. Databáze online [2011-1-5]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK05_semestralky/Handover.pdf
- [47] WIKIPEDIE, Universal Mobile Telecommunications System. Databáze online [2010-11-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System
- [48] WIKIPEDIE, Universal Mobile Telecommunications System. Databáze online [2010-11-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System
- [49] MOLNÁR, J. Struktura sítě 3G. Databáze online [2010-11-15]. Dostupné z: http://www.umts.wz.cz/Mob_radio_site_3G/struktura_site_3g.htm
- [50] RICHTR, T. Přístupová síť UTRAN. Databáze online [2010-11-16]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/utran.htm>
- [51] RICHTR, T. Přenos dat v systému GSM. Databáze online [2010-11-16]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/gsm-gprs.htm>
- [52] WIKIPEDIE, Mobile switching centre server. Databáze online [2010-11-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_switching_centre_server
- [53] WIKIPEDIE, Media gateway. Databáze online [2010-11-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Media_gateway

- [54] WIKIPEDIE, Cell Broadcast. Databáze online [2010-11-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_Broadcast
- [55] BERAN, F. Handover v síti UMTS. Databáze online [2011-1-8]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK06_semestralky/HandoverUMTS_BeranF.pdf
- [56] WIKIPEDIE, .NET Compact Framework. Databáze online [2010-12-6]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/.NET_Compact_Framework
- [57] MSDN, .NET Compact Framework. Databáze online [2010-12-6]. Dostupné z: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/9s7k7ce5.aspx>
- [58] VIRTUÁLNÍ MANAGED SERVERY, Microsoft .NET Framework. Databáze online [2010-12-6]. Dostupné z: <http://www.virtualni-managed-servery.cz/microsoft-net-framework.html>
- [59] WIKIPEDIE, .NET. Databáze online [2010-12-6]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/.NET>
- [60] WIKIPEDIE, Microsoft Visual Studio. Databáze online [2010-12-8]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio
- [61] MULTITECH.NET, Wireless EDGE (E1) Modems. Databáze online [2011-2-1]. Dostupné z: <http://www.multitech.net/developer/wp-content/uploads/2010/03/S000474A.pdf>
- [62] ORLICH, M. Základní lokalizační metody v GSM. Databáze online [2010-8-6]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2006022801>
- [63] LUTONSKÝ, M.: Jak využít novou lokalizační službu T-Mobile:Mobility č. 3/2005, Computer Press Media, a.s., str. 28-30
- [64] T-MOBILE, Kde je... - Často kladené otázky. Databáze online [2010-12-16]. Dostupné z: <http://www.t-mobile.cz/web/cz/residential/TarifySluzby/InformacniSluzby/KdeJe-CastokladeneOtazky>
- [65] LUČIŠTNÍK, P. Databáze online [2010-8-1]. Dostupné z: <http://www.gsmweb.cz/pav/fieldtest/lite.html>
- [66] WIKIPEDIE, 3G. Databáze online [2011-2-27]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- [67] WIKIPEDIE, Touchpad. Databáze online [2010-9-8]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Trackpad>

16 SEZNAM PŘÍLOH

1. Extended abstract